

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ ОРІЄНТАЦІЇ ТА НАВІГАЦІЇ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Бурау Н.І.

«__» _____ 2019 р.

Дипломна робота

**на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 151 – автоматизація та
комп'ютерно інтегровані технології**

**на тему: «Методичне та алгоритмічне забезпечення до комп'ютерних
практикумів з дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів і
систем»(Toolbox)»**

Виконала:

студентка групи ПГ-пб1

Березанська Марина Олександрівна _____

Керівник:

К.т.н.,

Півторак Діана Олександрівна _____

Рецензент:

Доц.

Маркіна О.М. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
	A4		Дипломна робота		
			Презентація		

	ПІБ	Підп.	Дата			
Розроб н.	Березанська М.О.			Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.	Півторак Д.О.				1	1
Консул ьт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПСОН Гр. ПГ-пб1	
Н/конт р.						
Зав.каф .						

Анотація

На дипломну роботу студентки третього курсу групи ПГ-пб1 приладобудівного факультету Березанської Марини з теми: «Методичне та алгоритмічне забезпечення до комп'ютерних практикумів з дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів і систем»(Toolbox)».

В даній дипломній роботі було розроблено методичне та алгоритмічне забезпечення до комп'ютерних практикумів, що має вказівку до виконання задач певного роду.

В кожному окремому комп'ютерному практикумі були наведені короткі теоретичні відомості про Toolbox, які використовуються в даних практикумах, а саме про Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Spline Toolbox, Statistics Toolbox, Optimization Toolbox. Були описані принципи їх роботи. Також було оглядово показано можливості кожного з Toolbox. Було розглянуто приклади роботи кожного з даних пакетів. Після розглянутих прикладів було розроблено варіанти завдань по яким будуть виконуватися дані практикуми.

Ключові слова: Matlab, Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Spline Toolbox, Statistics Toolbox, Optimization Toolbox, система автоматичного управління, фільтрація, нечітка логіка, сплайн, оптимізація.

Annotation

On the diploma project of the student of the third year, groups of PG-g61 of the Faculty of Adjacent Berezanskoy Maryna with those: “Methodical and algorithmic support to computer workshops on discipline "Computer simulation of processes and systems"(Toolbox)”.

In this thesis the methodological and algorithmic provision to computer workshops was developed, which has an indication of the fulfillment of tasks of a certain kind.

In each separate computer workshop, brief theoretical information about the towboks used in the given workshops was given, namely Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Spline Toolbox, Statistics Toolbox, Optimization Toolbox. The principles of their work were described. There was also an overview of the capabilities of each of the chatrooms. Examples of each of these packages were considered. After the examples examined, variants of tasks on which the data will be executed by practical workshops were developed.

Keywords: Matlab, Control System Toolbox, Signal Processing Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Spline Toolbox, Statistics Toolbox, Optimization Toolbox, automatic control system, filtration, fuzzy logic, spline, optimization.

Зміст

Перелік використаних скорочень.....	7
Вступ.....	8
1. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 1	
ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ CONTROL SYSTEM TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB.....	10
2. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 2	
ДОСЛІДЖЕННЯ SIGNAL PROCESSING TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB.....	25
3. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 3	
ДОСЛІДЖЕННЯ FUZZY LOGIC TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB.....	40
4. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 4	
ДОСЛІДЖЕННЯ SPLINE TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB.....	58
5. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 5	
ДОСЛІДЖЕННЯ STATISTICS TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB.....	68
6. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 6	
ДОСЛІДЖЕННЯ OPTIMIZATION TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB.....	87
Висновки.....	96
Список літератури.....	98
Додатки	

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

ФЧХ - фазо-частотна характеристика;

ЛАЧХ – логарифмічно амплітудно-частотна характеристика;

ЛФЧХ – логарифмічно фазо-частотна характеристика;

ЛАФЧХ - логарифмічно амплітудно-фазо частотна характеристика;

АФЧХ - амплітудно-фазо частотна характеристика;

СІХ (FIR) – фільтр зі скінченною імпульсною характеристикою;

НІХ (IIR) - фільтр із нескінченною імпульсною характеристикою.

Вступ

В нинішній час використання інформаційних технологій у процесі розв'язання завдань набуває все більшого обороту, тому застосування програмних засобів зростає швидкими темпами і через це перед людьми постає нова проблема, невміння використовувати програмні засоби для вирішення різних задач. Тому в даній дипломній роботі представлена методика вирішення певних типів задач за допомогою пакетів розширення (Toolbox) середовища Matlab.

Сучасні програмні засоби мають значні переваги у порівнянні з більш старими методами обробки даних:

1. Простота виконання;
2. Автоматизація обробки даних;
3. Поліпшення роботи зі складними системами;
4. Виключення помилки у розрахунках (при умові правильності введення початкових даних).

З використанням пакету прикладних програм Control System Toolbox середовища Matlab можливо проводити моделювання, аналіз та проектування неперервних та дискретних систем автоматичного управління. В даному пакеті реалізовано різні функції для розрахунку імпульсної та перехідної характеристик, розрахунок передатних функцій типових з'єднань (послідовне, паралельне та зі зворотнім зв'язком), побудова графіків амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристик і т.д.

Пакет Signal Processing Toolbox надає великі можливості по створенню різних програм для обробки сигналу. Пакет використовує різні методи фільтрації і новітні алгоритми для спектрального аналізу. Пакет містить в собі модулі для розробки алгоритму обробки сигналів, лінійних систем і аналізу часових рядів. Даний пакет містить в собі повний набір методів для створення цифрових фільтрів з різними характеристиками. Є можливість швидкої розробки фільтрів

верхніх та нижніх частот, смугових пропускаючих та смугових затримуючих фільтрів, багатосмугові фільтри та багато іншого.

Задачі нечіткої логіки і теорії нечітких множин можна вирішувати за допомогою пакету розширення Fuzzy Logic Toolbox, так як ці задачі лежать в основі багатьох методів дослідження і моделювання систем, які відносяться до області штучного інтелекту. Задачі даного типу, в деякому сенсі, специфічні, тому з використанням пакету Fuzzy Logic Toolbox можна виключити помилку розв'язку.

Пакет Spline Toolbox дозволяє конструювати сплайни, виконувати інтерполяцію та апроксимацію одномірних та багатомірних даних. Завдяки тому, що сплайни записуються в спеціальному форматі, є можливість візуалізації сплайнів, виконання арифметичних та інших операцій з ними, таких як інтегрування, диференціювання, мінімуми та максимуми та інше.

Пакет Statistics Toolbox пропонує широкий спектр інструментів та алгоритмів для статистичних інформаційних технологій та для організації, аналізу та моделювання даних. За допомогою даного пакету можна виконувати регресійний аналіз, нелінійне моделювання, моделювання ймовірностей і оцінку параметрів, аналіз чутливості з використанням генератора випадкових чисел, статистичне управління процесом.

Пакет Optimization Toolbox призначений для вирішення задач оптимізації і систем нелінійних рівнянь. В цьому пакеті реалізовані основні методи оптимізації функції ряду змінних, такі як безумовна оптимізація нелінійних функцій, метод найменших квадратів, рішення нелінійних рівнянь, лінійне програмування, квадратичне програмування, мінімізація нелінійних функцій з умовою, методи мінімакса, оптимізація по багатьом критеріям.

Використання цих пакетів значно спростить вирішення задач даних типів, що дасть змогу виконувати роботу у більшому обсязі.

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ CONTROL SYSTEM TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB

Мета роботи

Ознайомлення з динамічними і частотними характеристиками систем автоматичного управління і отримання навиків дослідження лінійних динамічних моделей з використанням пакету прикладних програм Control System Toolbox системи Matlab.

Теоретичні відомості

Передатна функція ланки – це відношення перетворення Лапласа вихідної величини, до перетворення Лапласа вхідної величини [1]:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} \quad (1.1)$$

Передатні функції типових з'єднань ланок можуть бути: паралельним, послідовним або зі зворотнім зв'язком [2].

В послідовному з'єднанні вихід попередньої ланки являється входом для наступної. На рис. 1.1 показано послідовне з'єднання ланок:

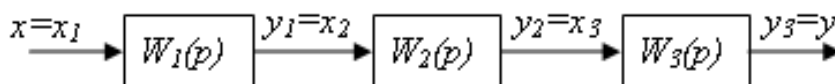


Рис.1.1. Послідовне з'єднання ланок.

Послідовне з'єднання визначається за наступною формулою:

$$W(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p) \quad (1.2)$$

Паралельним з'єднанням ланок називається таке з'єднання, при котрому на вихід усіх елементів поступає один і той же вплив, а їх вихідні величини сумуються між собою (рис. 1.2).

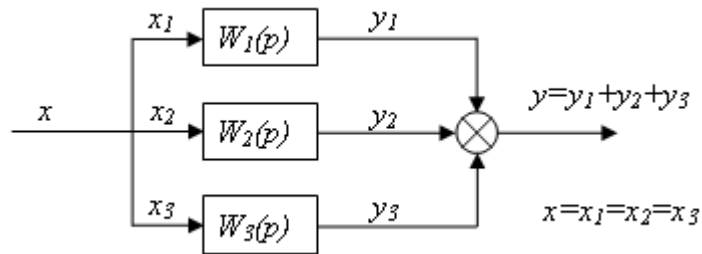


Рис.1.2. Паралельне з'єднання ланок.

Послідовне з'єднання визначається за наступною формулою:

$$W(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p) \quad (1.3)$$

З'єднання зі зворотнім зв'язком містить в собі ланку передачі сигналу та ланку зворотного зв'язку (рис. 1.3). Зворотний зв'язок може бути від'ємним чи додатним. При від'ємному – на вхід подається різниця між вхідним і вихідним сигналами. При додатному – ці величини складаються.

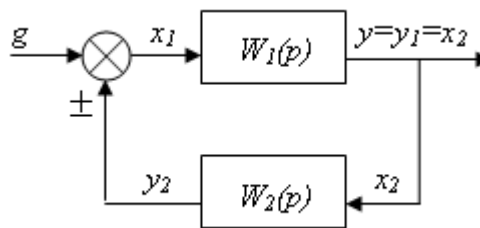


Рис.1.3. З'єднання ланок зі зворотним зв'язком.

З'єднання зі зворотнім зв'язком визначається за наступною формулою:

$$W(p) = \frac{y}{g} = \frac{W_1(p)}{1 \pm W_1(p)W_2(p)} \quad (1.4)$$

Полюсами передатної функції називають корні характеристичного поліному знаменника, а нулі – це корні характеристичного полінома чисельника.

Перехідна характеристика – це реакція на одиничний ступінчатий вплив при нульових початкових умовах об'єкта управління і характеризує його динамічні властивості [3]. Перехідна характеристика представлена у наступному вигляді:

$$h(t) = L^{-1}\left\{\frac{W(p)}{p}\right\} \quad (1.5)$$

Імпульсна характеристика – це реакція ланки на вхідний миттєвий одиничний імпульс. Імпульсна характеристика представлена у наступному вигляді:

$$w(t) = L^{-1}\{W(p)\} \quad (1.6)$$

Амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) системи називається, залежність амплітуди вихідного сигналу пристрою або системи передачі, посилення або обробки сигналу від частоти вхідного сигналу з фіксованою амплітудою.

Фазо-частотною характеристикою (ФЧХ) системи називається, характеристика лінійної електричної ланки, що виражає залежність здвигу по фазі між гармонічними коливаннями на виході і вході цієї ланки від частоти гармонічних коливань на її вході.

Логарифмічною амплітудно-частотною характеристикою (ЛАЧХ) динамічної ланки, називається таке представлення АЧХ, в якому амплітуда частотної характеристики виражається в децибелах (дБ), а частота – в логарифмічному масштабі.

Логарифмічною фазо-частотною характеристикою (ЛФЧХ) динамічної ланки, називається таке представлення ФЧХ, в якому частота виражається в логарифмічному масштабі.

Діаграма Бode (або логарифмічна амплітудно-фазо частотна характеристика (ЛАФЧХ)) – це представлення частотного відгуку лінійної стаціонарної системи в логарифмічному масштабі. ЛАФЧХ будується у вигляді двох графіків: ЛАЧХ і ЛФЧХ, які зазвичай розташовані один під одним.

Годограф Найквіста (або амплітудно-фазо частотна характеристика (АФЧХ)) – це представлення частотного відгуку лінійної стаціонарної динамічної системи у вигляді графіка в комплексних координатах. На даному графіці частота представляється в якості параметру кривої, а фаза і амплітуда системи, на заданій частоті, є кутом та довжиною радіус-вектора кожної точки характеристики. Тобто цей графік поєднує АЧХ і ФЧХ [4].

Маніпулювання та створення лінійних моделей об'єктів системи управління можливо за допомогою Control System Toolbox.

Також використання Control System Toolbox може допомогти у вирішенні різних арифметичних завдань в лінійних моделях, також побудова блок-схем шляхом поєднання моделей послідовно, паралельно чи зі зворотним зв'язком, дискретизація моделей що працюють неперервно у часі.

Для описання лінійних стаціонарних систем використовуються наступні способи:

- 1) диференціальні рівняння;
- 2) моделі у просторі станів;
- 3) передатні функції;
- 4) моделі вигляду “нулі-полюси”.

Диференціальні рівняння та моделі у просторі станів характеризуються тим що описують поведінку системи у часовій області, а також показують внутрішні зв'язки між сигналами і тому вони являються часовими. Передатні функції і моделі вигляду «нулі-полюси» є частотними за способом описання, так як пов'язані з частотними характеристиками системи, а також відображення лише вхідних і вихідних властивостей, тобто описання динаміки системи не в повному вигляді.

Коефіцієнт підсилення в усталеному режимі, є однією з важливих характеристик лінійної системи, яка визначається як усталене значення сигналу виходу при постійному вхідному сигналі, котрий рівний одиниці, а саме:

$$k_s = \lim_{p \rightarrow 0} W(p) \quad (1.7)$$

За допомогою смуги пропускання системи оцінюється якість системи управління, котра представляє собою діапазон частот, при яких значення амплітудно-частотної характеристики стає меншою 3 дБ. Ширина смуги пропускання системи визначається різницею верхньої і нижньої граничних частот.

Пакет прикладних програм Control System Toolbox системи Matlab призначений для моделювання, аналізу та проектування неперервних і дискретних систем автоматичного управління. При реалізації цього пакета використовуються принципи об'єктно-орієнтованого програмування. Введений новий клас об'єктів – лінійні системи з постійними параметрами (linear time invariant objects або LTI-об'єкти), котрий включає в себе лінійні неперервні або дискретні одновимірні з одним входом і одним виходом (SISO – single input / single output) і багатовимірні з багатьма входами і виходами (MIMO – multi-input / multi-output) системи.

Модель LTI-системи в Control System Toolbox може бути представлена такими типами даних:

- 1) чотири матриці у просторі станів (тип даних *ss*);
- 2) два вектори, що містять коефіцієнти чисельника і знаменника – для одномірних систем, або двома масивами, що містять вектори коефіцієнтів – для багатомірних систем (тип даних *tf*);
- 3) два вектори, що містять нулі, полюси передавальної функції і скаляром, що рівний узагальненому коефіцієнту передачі – для одномірних систем, або двома масивами, що містять вектори, складені з нулів і полюсів, та масиву чисел – для багатомірних систем (тип даних *zpk*).

Будь-яка модель, що задана в одному із цих типів даних, можна перетворити в інший тип. Додаткові опції дозволяють вказати, чи є система неперервною або

дискретною, або має запізнення на вході; також можна задавати назви входів, виходів або змінних стану, а також інша допоміжна інформація про систему.

В Control System Toolbox є ряд функцій, які дозволяють визначити динамічні параметри систем, розрахувати і побудувати перехідні функції і частотні характеристики [5].

Можливості Toolbox

Синтаксис команди, яка задає LTI-систему з одним входом і одним виходом у вигляді передавальної функції в Control System Toolbox такий:

`tf([bm bm-1 ... b2 b1 b0],[an an-1 ... a2 a1 a0])`

де $b_m b_{m-1} \dots b_2 b_1 b_0$ – значення коефіцієнтів чисельника передавальної функції; $a_n a_{n-1} \dots a_2 a_1 a_0$ – значення коефіцієнтів знаменника передавальної функції.

- *pole* і *zero* - визначення полюсів і нулів передавальної функції системи;
- *dsgain* – визначення коефіцієнту підсилення ланки в усталеному режимі;
- *zpk* - модель “нулі-полюси” за відомою передавальною функцією;
- *ss* - перетворення передавальної функції у модель у просторі станів використовують команду, яка виводить на екран чотири матриці і з постійними елементами;

Для побудови динамічних і частотних характеристик LTI-об’єкту в Control System Toolbox використовують наступні команди:

- *step* - побудова графіку перехідного процесу;
- *impulse* - побудова графіку імпульсної перехідної функції;
- *bode* - побудова діаграми Боде;
- *nyquist* - побудова частотного годографа Найквіста;
- *bandwidth* - визначення широти смуги пропускання системи.

Іншим способом отримання графіків динамічних і частотних характеристик системи автоматичного управління є використання графічного інтерфейсу

Control System Toolbox LTI-Viewer. Запуск модуля LTI-Viewer здійснюють командою *ltiview*.

Після запуску програми з'явиться графічне вікно (рис.1.4.), де ми переходимо в меню Edit панелі інструментів модуля LTI-Viewer >> Plot Configuration та робимо налаштування.

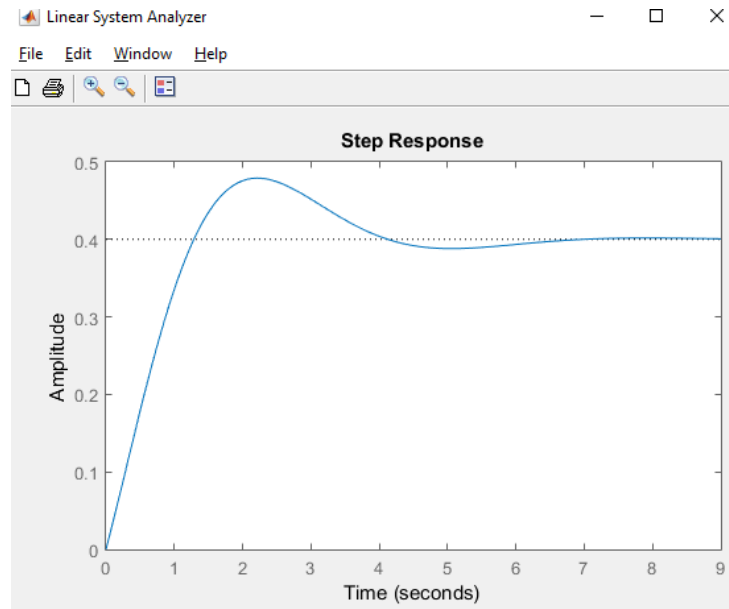


Рис. 1.4. Вікно LTI-Viewer Control System Toolbox.

У результаті виконання команди з'являється наступне вікно (рис. 1.5):

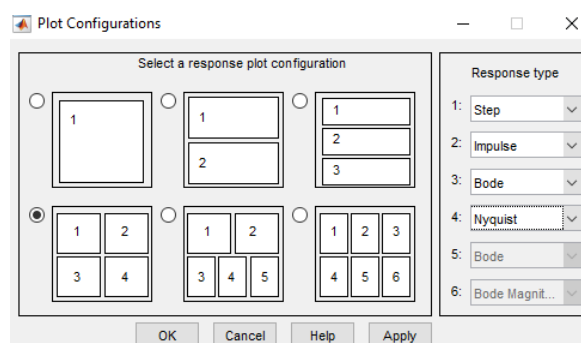


Рис.1.5. Налаштування вікна Plot Configuration.

В впливаючому вікні Response type можна обрати налаштування, які вам необхідні:

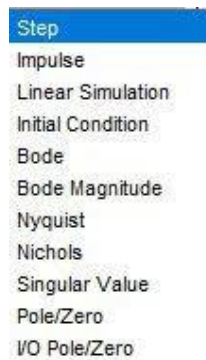


Рис.1.6. Вигляд впливаючого вікна Response type.

І в результаті отримаємо графіки, в одному вікні.

Для передатних функцій типових з'єднань ланок використовуються наступні команди:

- *parallel* - для паралельного з'єднання ланки;
- *series* - для послідовного з'єднання ланки;
- *feedback* - для з'єднання ланок зі зворотним зв'язком.

Приклад виконання роботи

Задана передатна функція:

$$W = \frac{s + 2}{3s^2 + 4s + 5}$$

1. Створити в файлі об'єкт класу tf, який описує передатну функцію, а на екран виводиться сама передавальна функція.

```
sys = tf([1 2],[3 4 5])
```

Запускаємо програму і отримуємо:

$$\frac{s + 2}{3s^2 + 4s + 5}$$

2. Для заданої передатної функції визначити нулі, полюси.

```
zero(sys)
pole(sys)
```

В результаті отримаємо:

```
zero =
-2
```



```
pole =
-0.6667 + 1.1055i
-0.6667 - 1.1055i
```

3. Створити *zpk*-модель заданої функції.

```
zpk(sys)
```

В результаті отримаємо:

```
0.33333 (s+2)
-----
(s^2 + 1.333s + 1.667)
```

4. Створити *ss*-модель заданої функції.

```
ss(sys)
```

В результаті отримаємо:

```
SS =
a =
    x1    x2
x1 -1.333 -1.667
x2    1    0
b =
    u1
x1  1

    x2  0
c =
    x1    x2
y1  0.3333  0.6667
d =
    u1
y1  0
```

Та отримаємо матриці моделі заданої функції у просторі станів:

$$A = \begin{pmatrix} -1.333 & -1.667 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}; B = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}; C = (0.3333 \quad 0.6667); D = (0).$$

5. Визначення коефіцієнта підсилення заданої функції.

```
dcgain = dcgain(sys)
```

В результаті отримаємо:

```
dcgain =
0.4000
```

6. Визначення ширини смуги пропускання системи.

```
bandwidth(sys)
```

В результаті отримаємо:

```
bandwidth =
1.9210
```

7. Отримання динамічних і частотних характеристик заданої системи.

До динамічних характеристик відносяться графіки перехідної та імпульсно-перехідної функцій.

Побудова графіка перехідної функції:

```
step(sys)
```

й отримаємо результат у графічному вікні (рис. 1.7):

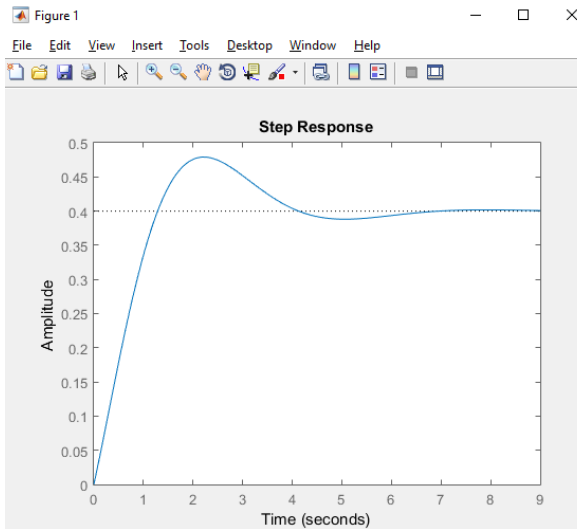


Рис. 1.7. Графік перехідної функції системи.

Побудова графіка імпульсно-перехідної функції:

```
impulse(sys)
```

й отримаємо результат у графічному вікні (рис. 1.8):

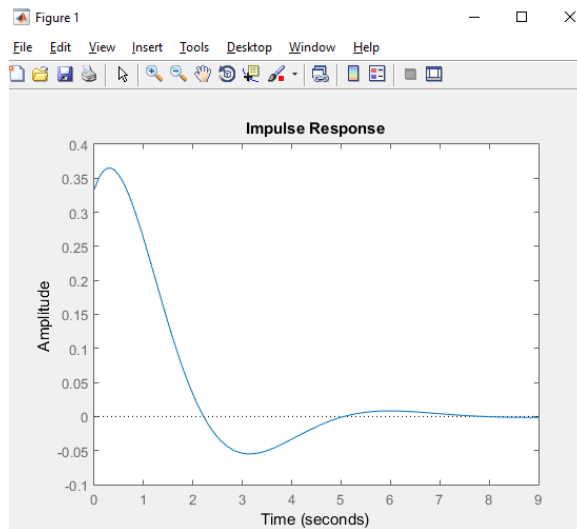


Рис. 1.8. Графік імпульсно-перехідної функції.

До частотних відносяться діаграма Бode та годограф Найквіста.

Побудова діаграми Bode:

```
bode(sys)
```

й отримаємо результат у графічному вікні (рис. 1.9):

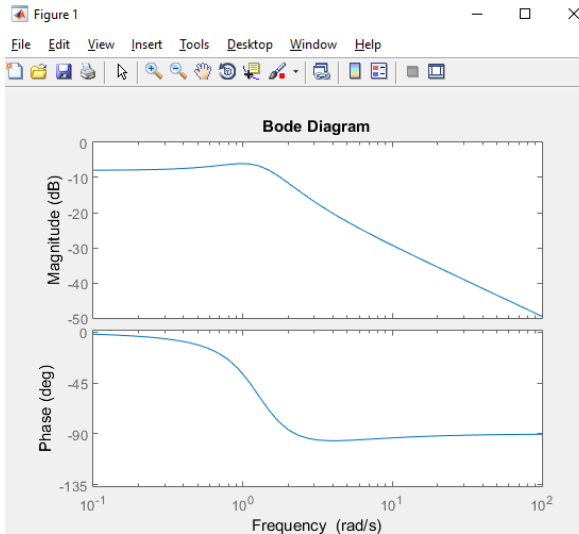


Рис. 1.9. Діаграма Bode.

Побудова годографа Nyquist:

```
nyquist(sys)
```

й отримаємо результат у графічному вікні (рис. 1.10):

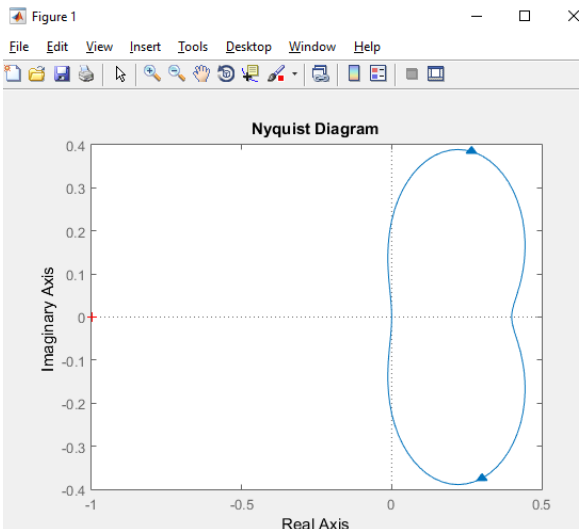


Рис. 1.10. Годограф Nyquist.

8. Отримання динамічних і частотних характеристик заданої системи із використанням модуля LTI-Viewer.

Запуск модуля LTI-Viewer здійснюється командою:

```
ltiview(sys)
```

Виконуються налаштування і отримаємо результат (рис.1.11.):

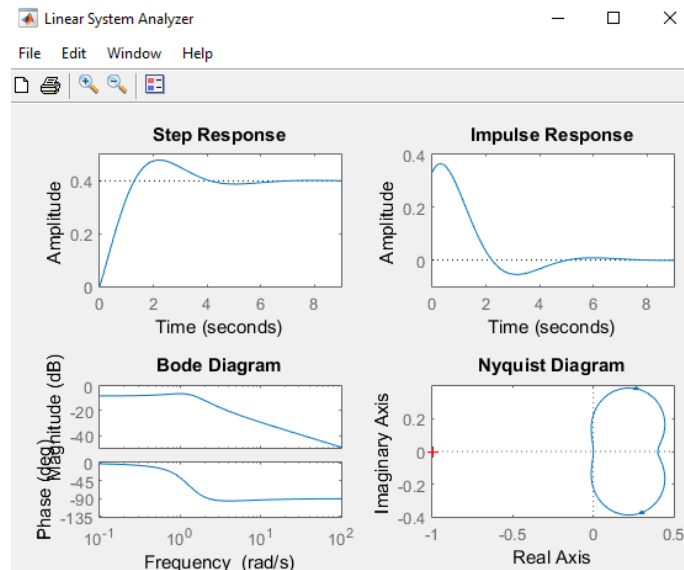


Рис. 1.11. Графіки динамічних і частотних характеристик системи в LTI-Viewer.

9. З'єднати функції паралельно, послідовного, а також зі зворотнім зв'язком.

```

Sys1 = tf([1 2],[3 4 5])
Sys2 = tf([1 2],[3 4 5])
P = Sys1+Sys2
P1 = parallel(Sys1, Sys2)
S = Sys1*Sys2
S1 = series(Sys1, Sys2)
F = Sys1*Sys2
F1 = feedback(F, [1])

```

В результаті отримаємо:

$$P = \frac{6s^3 + 20s^2 + 26s + 20}{9s^4 + 24s^3 + 46s^2 + 40s + 25}$$

$$P1 = \frac{6s^3 + 20s^2 + 26s + 20}{9s^4 + 24s^3 + 46s^2 + 40s + 25}$$

$$S = \frac{s^2 + 4s + 4}{9s^4 + 24s^3 + 46s^2 + 40s + 25}$$

$$S1 = \frac{s^2 + 4s + 4}{9s^4 + 24s^3 + 46s^2 + 40s + 25}$$

$$F = \frac{s^2 + 4s + 4}{9s^4 + 24s^3 + 46s^2 + 40s + 25}$$

$$F1 = \frac{s^2 + 4s + 4}{9s^4 + 24s^3 + 47s^2 + 44s + 2}$$

Завдання до виконання комп'ютерного практикуму

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями.
2. Обчислити функцію відповідно до варіанту згідно табл.1.1.
(варіант задається викладачем).
3. Створити *tf*-модель системи.
4. Визначити полюси і нулі передатної функції, використовуючи команди *pole*, *zero*.
5. Створити *zpk*-модель системи.
6. Створити *ss*-модель системи.
7. Визначити коефіцієнт підсилення ланки в усталеному режимі, використовуючи команду *dcgain*.
8. Визначити ширину смуги пропускання системи за допомогою команди *bandwidth*.
9. Використовуючи відповідні команди, отримати динамічні (графіки перехідної, імпульсно-перехідної функцій) і частотні характеристики (діаграму Bode, частотний годограф Nyquist) системи.
10. Отримати динамічні і частотні характеристики системи, використовуючи LTI-Viewer.
11. З'єднати функції паралельно, послідовного, а також зі зворотнім зв'язком (друга передатна функція задається викладачем).
12. Відповісти на контрольні питання.
13. Оформити звіт.

Таблиця 1.1. Варіанти завдань.

Варіант	Передатна функція системи	Коефіцієнти поліномів						
1	$W(p) = \frac{b_1p + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		3	4	2	1	5	6	1
2	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		1	2	4	-1	3	3	0
3	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		3	5	7	9	-7	5	3
4	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		1	3	-2	-2	5	6	2
5	$W(p) = \frac{b_3p^3 + b_2p^2}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₂	b ₃	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		-2	8	3	7	4	6	5
6	$W(p) = \frac{b_1p + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		1	-1	2	3	4	2	1
7	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		2	9	4	3	4	2	1
8	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		9	3	5	-1	-2	-2	-2
9	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		1	1	3	5	7	3	2
10	$W(p) = \frac{b_3p^3 + b_2p^2}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₂	b ₃	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		2	1	1	1	2	4	5
11	$W(p) = \frac{b_1p + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		0	-4	-6	3	1	-5	2
12	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		5	-7	3	-2	7	-4	5
13	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		8	2	7	5	3	6	0
14	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		1	-2	-3	-4	3	2	-1

Варіант	Передатна функція системи	Коефіцієнти поліномів						
15	$W(p) = \frac{b_3p^3 + b_2p^2}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₂	b ₃	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		9	8	-7	6	5	4	3
16	$W(p) = \frac{b_1p + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		0	-1	5	3	-5	1	-2
17	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		6	3	9	4	-2	7	3
18	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_1p + b_0}{a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₁	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃
		8	3	3	5	2	1	0
19	$W(p) = \frac{b_2p^2 + b_0}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₀	b ₂	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		8	-2	-7	5	3	6	0
20	$W(p) = \frac{b_3p^3 + b_2p^2}{a_4p^4 + a_3p^3 + a_2p^2 + a_1p + a_0}$	b ₂	b ₃	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
		0	1	5	3	-5	-1	2

Контрольні запитання:

- 1) Що таке tf-модель системи та за що вона відповідає?
- 2) Що таке полюси передатної функції та як вони визначаються?
- 3) Що таке нулі передатної функції та як вони визначаються?
- 4) Яким чином можна визначити коефіцієнт підсилення ланки в усталеному режимі? Наведіть декілька варіантів.
- 5) Визначіть коефіцієнт підсилення ланки в усталеному режимі без використання команди dsgain.
- 6) Що таке динамічні характеристики системи та які вони бувають?
- 7) Що таке частотні характеристики системи та які вони бувають?
- 8) Охарактеризуйте LTI-Viewer.
- 9) Охарактеризуйте паралельне, послідовне з'єднання, та з'єднання зі зворотним зв'язком.

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ SIGNAL PROCESSING TOOLBOX СИСТЕМИ

MATLAB

Мета роботи

Отримати навички роботи в середовищі Matlab. Вивчити основні можливості Signal Processing Toolbox по генерації сигналів. А також проектування фільтрів.

Теоретичні відомості

Частота дискретизації – це частота взяття відліків нескінченного в часі сигналу при його дискретизації [6].

Фільтр (в електроніці) – це пристрій призначений для обробки дискретного в часі сигналу; або для виділення необхідних компонент спектру аналогового сигналу і пригнічення непотрібних.

Фільтр зі скінченною імпульсною характеристикою (СІХ) (FIR-фільтр – finite impulse response) – один з типів лінійних цифрових фільтрів, особливістю якого є обмежений час з імпульсним відгуком. Також, такий фільтр називається нерекурсивним через те, що в ньому відсутній зворотний зв'язок. Перевагою СІХ фільтрів є: стійкість, не потребують наявності зворотного зв'язку, може бути лінійною.

Фільтр з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ) (ІІР-фільтр – infinite impulse response) – лінійний електронний фільтр, який використовує один або кілька своїх виходів в якості входу, тобто генерує зворотній зв'язок. Основною властивістю таких фільтрів є те, що їх імпульсна перехідна характеристика має необмежену довжину в тимчасовій області, а передатна функція має класичну логічну форму [7].

Фільтр нижніх частот – фільтр, який пропускає частотний спектр сигналу нижче частоти зрізу і подавляючий частоти сигналу вище цієї частоти [8].

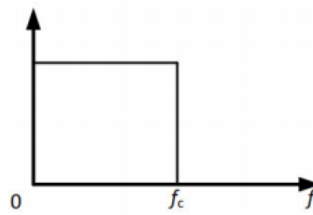


Рис.2.1. Спрощена АЧХ фільтра нижніх частот.

Фільтр верхніх частот – фільтр, пропускаючий високі частоти вхідного сигналу, подавляючи частоти сигналу нижче частоти зрізу [9].

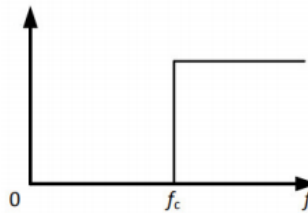


Рис.2.2. Спрощена АЧХ фільтра верхніх частот.

Смуговий фільтр – це лінійна система, котра представлена у вигляді послідовності, що складається з фільтра верхніх частот і фільтра нижніх частот. Всі інші частоти, які знаходяться нижче або вище заданої смуги пропускання, значно подавляються.

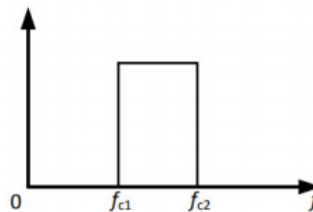


Рис. 2.3. Спрощена АЧХ смугового фільтра.

Режекторний фільтр – це фільтр, що не пропускає коливання певної смуги частот, і пропускає коливання частот котрі виходять за межі цієї смуги. Тобто режекторний фільтр повна протилежність смуговому фільтру.

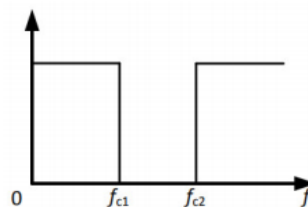


Рис. 2.4. Спрощена АЧХ режекторного фільтра.

Signal Processing Toolbox – це потужний пакет по аналізу, моделюванню та проектуванню пристроїв обробки всіх можливих сигналів, забезпечення їх фільтрації та перетворення.

Signal Processing Toolbox надає великі можливості по створенню різних програм для обробки сигналу. Пакет використовує різні методи фільтрації і новітні алгоритми для спектрального аналізу. Пакет містить в собі модулі для розробки нового алгоритму обробки сигналів, розробки лінійних систем і аналізу часових рядів.

Signal Processing Toolbox призначений для:

- Моделювання сигналів лінійних систем;
- Аналіз, проектування та реалізація аналогових та цифрових фільтрів;
- Перетворення Фур'є та інші перетворення;
- Оцінка спектрів;
- Обробка сигналів та часових рядів;
- Генерація сигналів різної форми;

Signal Processing Toolbox знайшов найкраще застосування в аналізі та обробці сигналів. Пакет містить в собі широкий спектр алгоритмів для представлення сигналів та лінійних моделей. Також в цьому пакеті включені алгоритми для перетворення моделі із одного представлення в інше.

Пакет Signal Processing Toolbox містить в собі повний набір методів для створення цифрових фільтрів з різними характеристиками. Є можливість швидкої розробки фільтрів верхніх та нижніх частот, смугових пропускаючих та смугових затримуючих фільтрів, багатосмугові фільтри та багато іншого.

На основі оптимального алгоритму перетворення Фур'є пакет обробки сигналів має неперевершені можливості для частотного аналізу та спектральних оцінок. Пакет включає функції для обчислення дискретного перетворення Фур'є, дискретного косинусного перетворення, перетворення Гілберта та інших перетворень, часто використовуваних для аналізу, кодування і фільтрації. Пакет

включає наступні методи спектрального аналізу, такі як метод Велха, метод максимальної ентропії та інші [10].

Можливості Toolbox

В Signal Processing Toolbox можливо виконувати генерацію сигналів.

Під сигналом будемо розуміти дані, котрі упорядковані відносно деякого аргументу (наприклад, частота, час, координати у просторі). Якщо в якості аргументу обрано час, то еквівалентними поняттями будуть тимчасовий процес, тимчасова реалізація.

Для генерації сигналів використовуються функції середовища Matlab, в тому числі функції пакету Signal Processing Toolbox.

В пакеті Signal Processing Toolbox використовуються наступні функції генерації сигналів:

- *chirp* – генерує косинусоїду зі зміною частотою;
- *diric* – обчислює функцію Діріхле;
- *gauspuls* – генерує синусоїду, модульовану функцією Гауса;
- *gmonopuls* – генерує моноімпульс Гауса;
- *pulstran* – генерує імпульси;
- *rectpuls* – генерує аперіодичні прямокутні імпульси;
- *sawtooth* – генерує пилообразні коливання;
- *sinc* – функція sinc;
- *tripuls* – генерує аперіодичні трикутні імпульси;
- *vco* – джерело з можливістю вибору вихідного значення напруги;

Також пакет Signal Processing Toolbox реалізовано в графічному середовищі, яке можна викликати за допомогою команди *fdatool*. Також це можливо без використання команд, необхідно у верхній панелі перейти у вкладку APPS і там знайти SIGNAL PROCESSING AND COMMUNICATIONS >> Filter Design & Analysis (як зображено на рис. 2.5.)

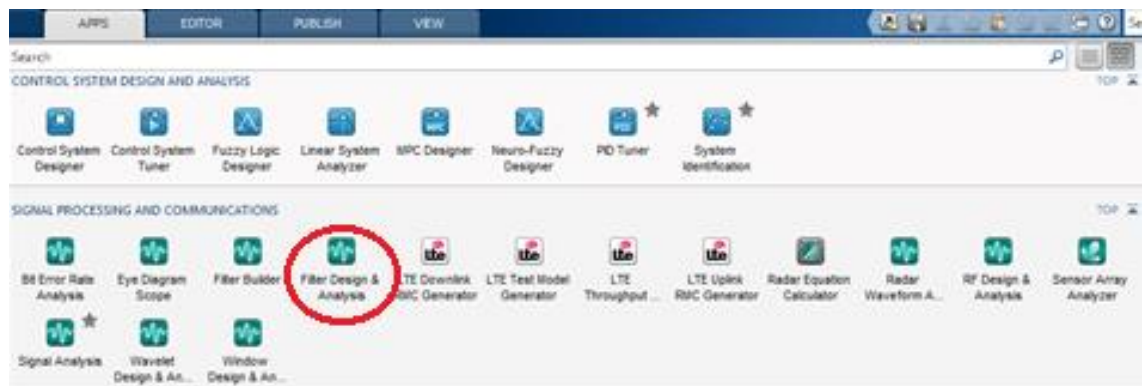


Рис. 2.5. Місцезнаходження Filter Design & Analysis.

Після запуску Filter Design & Analysis відкриється графічне вікно (рис. 2.6.).

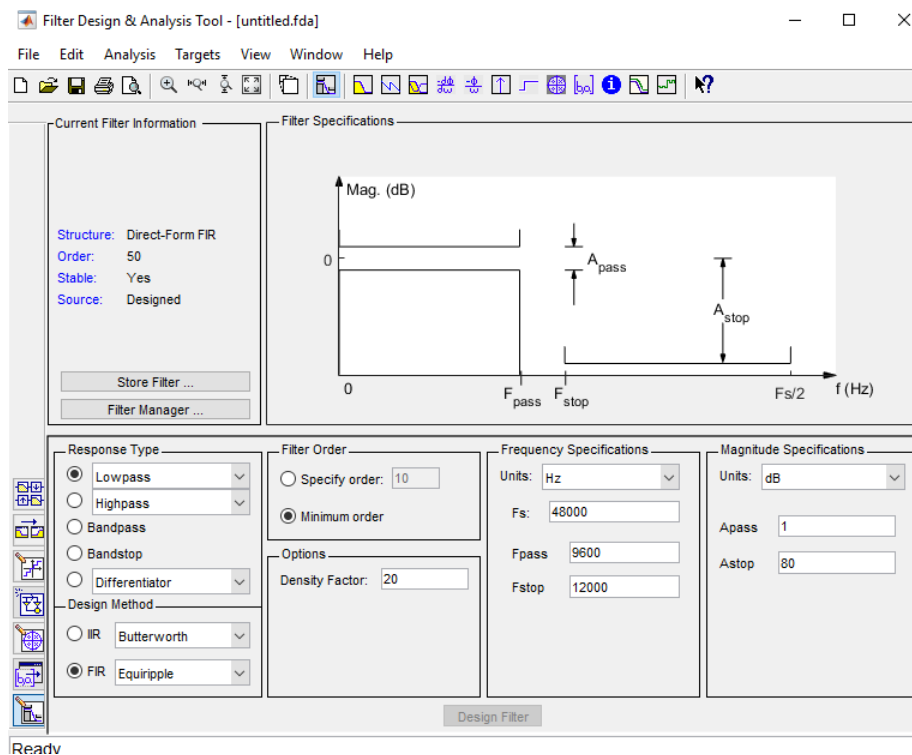


Рис. 2.6. Графічне середовище Signal Processing Toolbox.

Панель інструментів містить наступні піктограми:

- Magnitude Response – амплітудна характеристика поточного фільтра;
- Phase Response – фазова характеристика поточного фільтра;
- Group Delay – груповий час затримки;
- Phase Delay – фазова затримка;
- Impulse Response – імпульсна характеристика поточного фільтра;

- Step Response – перехідна характеристика поточного фільтра;
- Pole/Zero Plot – нулі і полюси поточного фільтра;
- Filter Coefficients – коефіцієнти поточного фільтра;

В області Response Type обирається тип фільтра який буде проектуватися, а в Design Method обирається метод за допомогою якого фільтр буде розрахований.

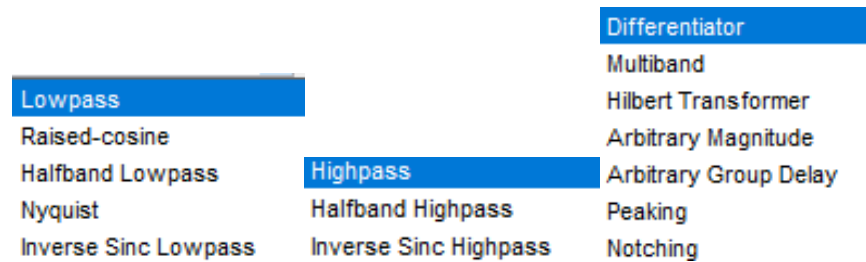


Рис. 2.7. Випадаючий список типів фільтрів Response Type.

Lowpass – фільтр низьких частот; Raised-cosine – піднятий косинус; Halfband Lowpass – полуполосний фільтр нижніх частот; Nyquist – фільтр Найквіста; Inverse Sinc Lowpass - фільтр нижніх частот, побудований за допомогою зворотньої функції $\sin(x)/x$; Highpass - фільтр верхніх частот; Halfband Highpass – полуполосний фільтр верхніх частот; Inverse Sinc Highpass - фільтр верхніх частот, побудований за допомогою зворотньої функції $\sin(x)/x$; Bandpass – смуговий фільтр; Bandstop – режекторний фільтр; Differentiator - диференціатор; Multiband - багатосмуговий; Hilbert Transformer – перетворювач Гілберта; Arbitrary Magnitude – фільтр довільної амплітуди; Arbitrary Group Delay – фільтр довільної групової затримки; Peaking – фільтр пригнічення одичної інтерференції; Notching- фільтр пригнічення періодичної інтерференції.

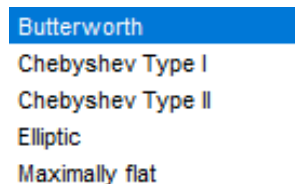


Рис. 2.8. Впливаючий список методів розв'язання фільтра з нескінченною імпульсною характеристикою (IIR).

Butterworth – фільтр Батерворта; Chebyshev Type I – фільтр Чебишева 1-го роду; Chebyshev Type II - фільтр Чебишева 2-го роду; Elliptic – еліптичний фільтр (фільтр Кауера); Maximally flat – фільтр з максимально плоскою характеристикою в смузі пропускання.

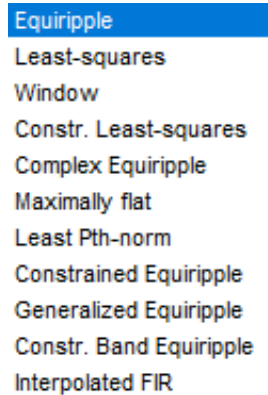


Рис. 2.9. Впливаючий список методів розв'язання фільтру зі скінченною імпульсною характеристикою (FIR).

Equiripple – фільтр з рівномірно пульсуючою АЧХ; Least-squares – фільтр по методу найменших квадратів; Window – фільтр з віконним зважуванням різними функціями; Complex Equiripple – комплексний фільтр з рівномірно пульсуючою АЧХ; і т.д.

В розділі Filter Order визначається порядок фільтра (мінімальний або заданий користувачем).

Розділ Frequency Specifications визначає частотні параметри характеристики фільтра. Цими параметрами є:

- F_s – частота дискретизації;
- F_{pass} – гранична частота смуги пропускання;
- F_{stop} – гранична частота смуги затухання.

Magnitude Specifications визначає амплітудні параметри характеристики фільтра. Цими параметрами є:

- A_{pass} – нерівномірність в смузі пропускання;
- A_{stop} – рівень затухання в смузі пригнічення.

Density Factor – для типу Equiripple задає сітку точок, по яким виконується апроксимація АЧХ фільтра.

В основній частині вікна вибираються та вводяться необхідні параметри для побудови фільтра, після чого необхідно натиснути на кнопку Design Filter, що знаходиться внизу графічного вікна.

Методика виконання роботи

Приклад 1.

Необхідно отримати сигнал синусоїдальної форми з заданою частотою $f = 0,2$ Гц та частотами дискретизації $f_s = 1$ Гц, 3 Гц, 10 Гц. Довжина сигналу 20 с.

Спочатку потрібно задати три вектори часу t , котрі будуть відповідати частотам дискретизації, так як Matlab орієнтований на матричне представлення сигналів.

```
clc
clear all
%Fs - частота дискретизації
Fs1 = 1;
Fs2 = 3;
Fs3 = 10;
%T - довжина сигналу
T = 100;
T1 = 0:1/Fs1:T;
T2 = 0:1/Fs2:T;
T3 = 0:1/Fs3:T;
%F - частота сигналу
F = 0.2;
Y1 = sin(F*T1);
Y2 = sin(F*T2);
Y3 = sin(F*T3);
plot(T1,Y1, '-ro', T2,Y2, '-g>', T3,Y3, '-b')
grid on;
xlabel('Час');
ylabel('Амплітуда');
title('Сигнал');
```

Після запуску коду отримаємо наступний графік:

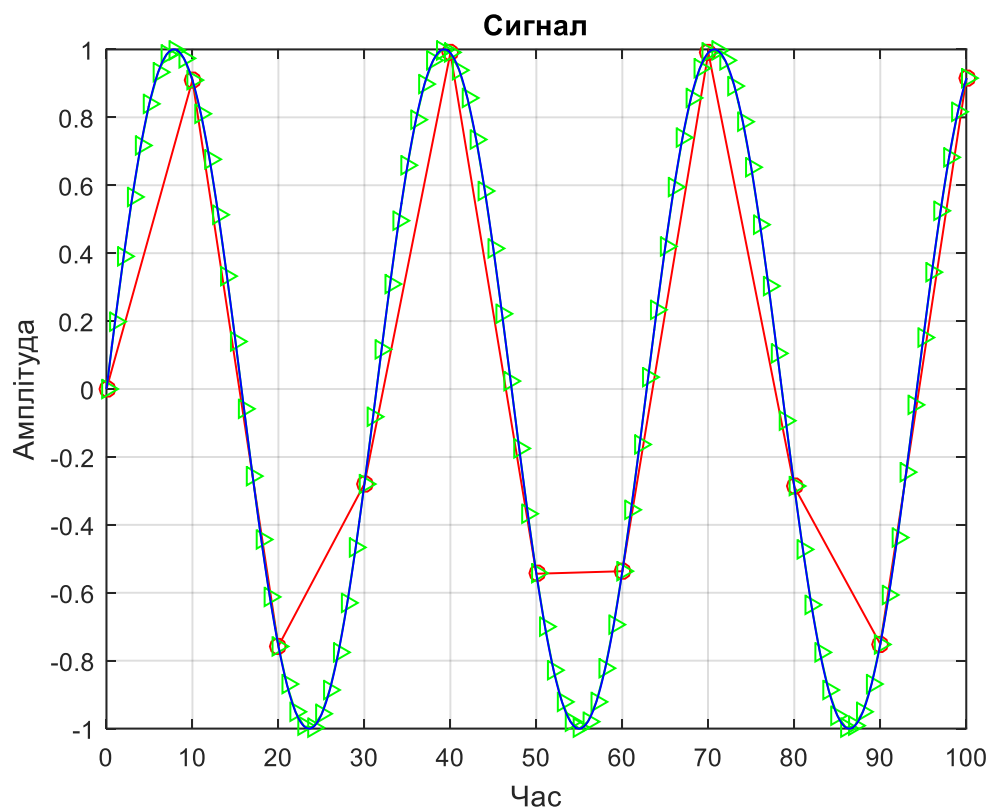


Рис. 2.10. Результат виконання.

Приклад 2.

Необхідно спроектувати фільтр зі скінченною імпульсною характеристикою по заданим даним.

Побудувати наступні характеристики: АЧХ, ФЧХ, імпульсну та перехідну характеристику, а також графік розташування нулів і полюсів.

Запускаємо Filter Design & Analysis та виконуємо задані налаштування:

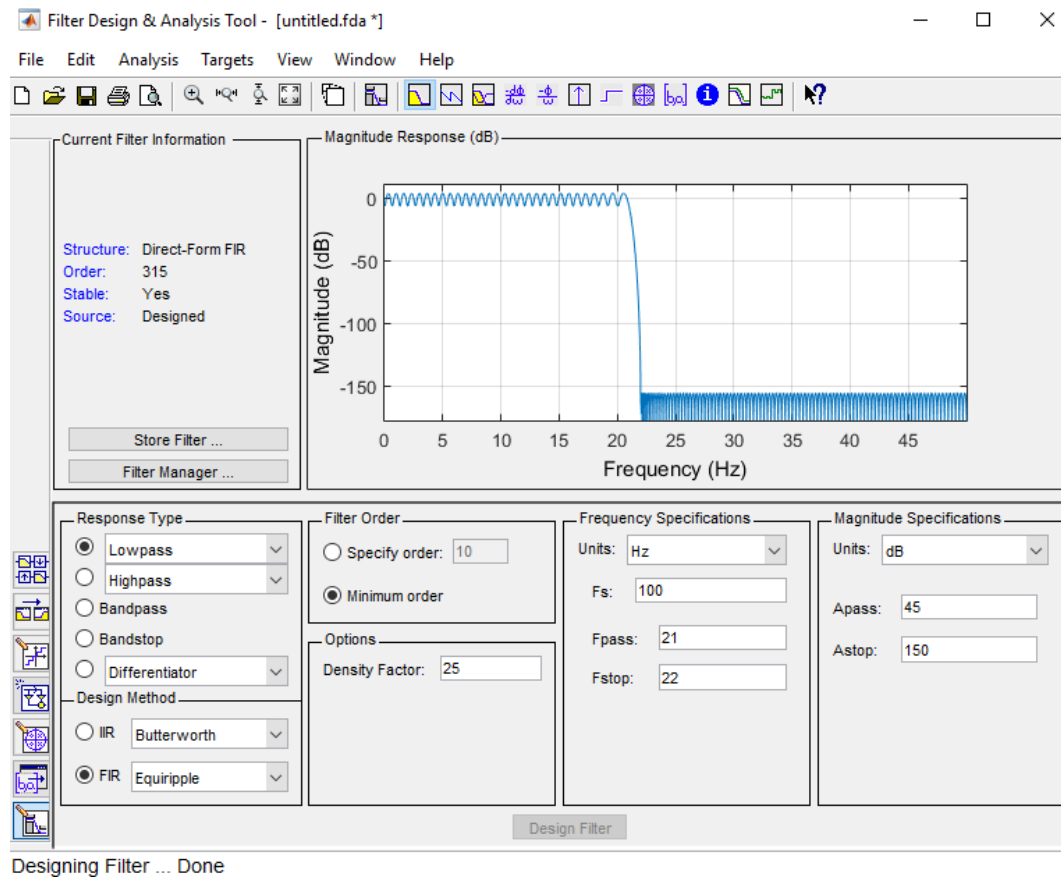


Рис. 2.11. Спроектований фільтр та його АЧХ.

Потім перемикаючи піктограми отримуємо характеристики що нам задані.

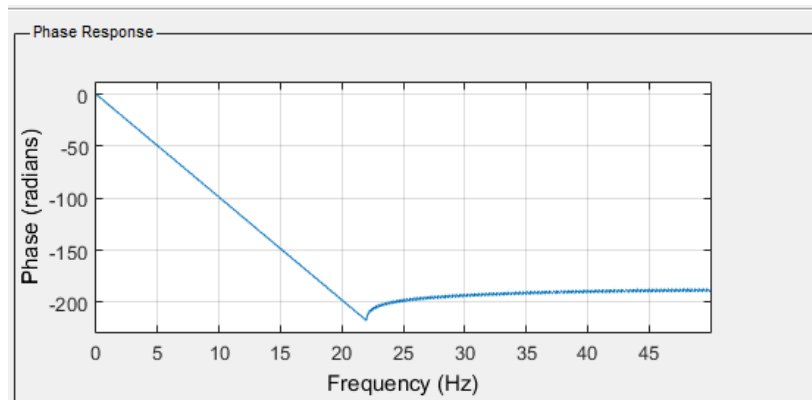


Рис. 2.12. ФЧХ фільтра.

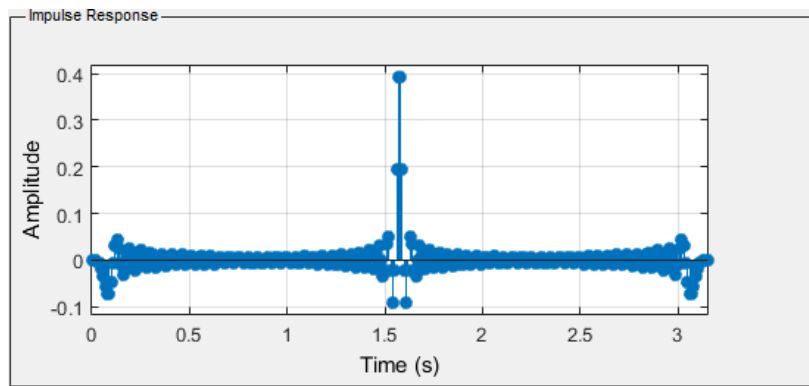


Рис. 2.13. Імпульсна характеристика фільтра.

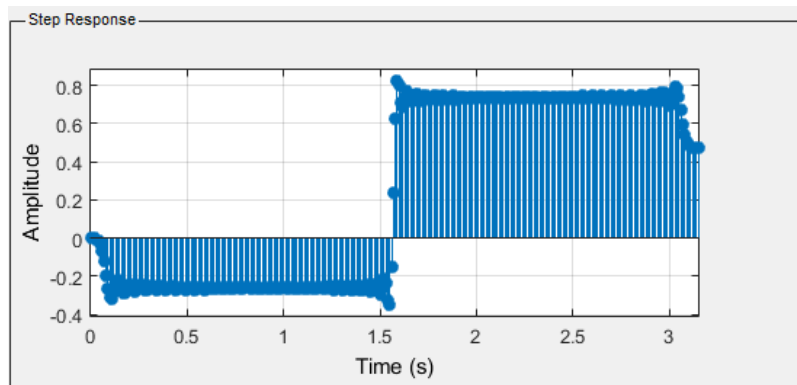


Рис. 2.14. Перехідна характеристика фільтра.

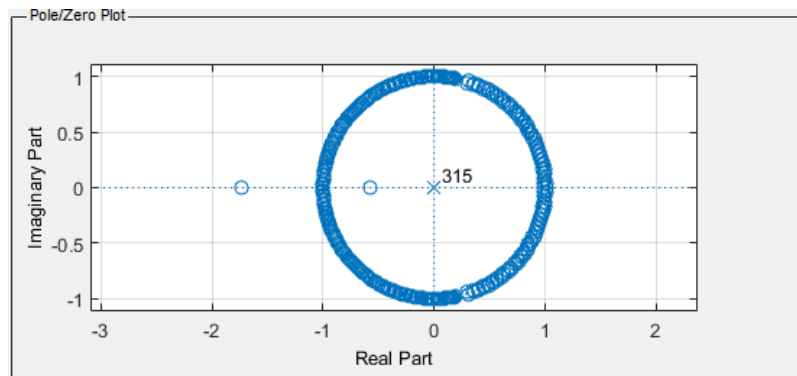


Рис. 2.15. Карта нулів і полюсів фільтра.

Завдання до виконання комп'ютерного практикуму

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями.
2. Виконати Завдання 1, відповідно до варіанту згідно табл.2.1. (варіант задається викладачем).

3. Виконати Завдання 2, відповідно до варіанту згідно табл.2.2. (варіант задається викладачем).
4. Відповісти на контрольні запитання.
5. Оформити звіт.

Завдання 1

Необхідно згенерувати сигнал певної форми з заданою частотою (F), частотами дискретизації (F_s) та довжиною сигналу (T).

Таблиця 2.1. Варіанти завдань.

№ варіанту	Функція	F , Гц	F_{s1} , Гц	F_{s2} , Гц	F_{s3} , Гц	T , с
1	sin	0,1	1	3	9	18
2	chirp	0,2	2	6	8	16
3	sinc	0,4	1	3	5	10
4	gauspuls	0,7	4	5	6	12
5	rectpuls	0,3	10	15	20	40
6	sawtooth	0,1	1	3	10	20
7	tripuls	0,2	2	5	7	14
8	sin	0,7	2	4	30	60
9	rectpuls	0,8	4	7	9	18
10	sinc	0,4	0,3	1	1,5	3
11	sin	0,1	11	26	54	108
12	chirp	0,3	1	5	10	20
13	tripuls	0,5	2	5	8	16
14	gauspuls	0,3	1	4	8	16
15	sawtooth	0,6	3	4	12	24
16	sin	0,1	13	26	30	60

№ варіанту	Функція	F, Гц	F _{s1} , Гц	F _{s2} , Гц	F _{s3} , Гц	T, с
17	rectpuls	0,8	1	3	10	20
18	sinc	0,2	2	3	9	18
19	sawtooth	0,4	3	7	11	22
20	chirp	0,1	1	3	7	14

Завдання 2

Необхідно спроектувати фільтр зі скінченною імпульсною характеристикою по заданим даним та побудувати наступні характеристики: АЧХ, ФЧХ, імпульсну та перехідну характеристику, а також графік розташування нулів і полюсів.

Таблиця 2.2. Варіанти завдань.

№ варіанту	Тип фільтру	F _s , Гц	F _{pass} , Гц		F _{stop} , Гц		A _{pass} , дБ		A _{stop} , дБ	
1	Нижніх частот	100	21		22		45		150	
2	Верхніх частот	700	337		341		33		66	
3	Смуговий	150	F _{pass1}	F _{pass2}	F _{stop1}	F _{stop2}	2		A _{stop1}	A _{stop2}
			15	60	12	65			60	70
4	Режекторний	200	F _{pass1}	F _{pass2}	F _{stop1}	F _{stop2}	A _{pass1}	A _{pass2}	2	
			13	70	14	66	1	3		
5	Нижніх частот	150	54		56		37		74	
6	Верхніх частот	40	15		18		38		80	

№ варіанту	Тип фільтру	F _s , Гц	F _{pass} , Гц	F _{stop} , Гц	A _{pass} , дБ	A _{stop} , дБ	№ варіанту		Тип фільтру	F _s , Гц
7	Смуговий	150	F _{pass1}	F _{pass2}	F _{stop1}	F _{stop2}	3		A _{stop1}	A _{stop2}
			21	54	17	65			52	65
8	Нижніх частот	90	32		35		42		84	
9	Верхніх частот	40	15		18		43		80	
10	Режекторний	150	F _{pass1}	F _{pass2}	F _{stop1}	F _{stop2}	A _{pass1}	A _{pass2}	5	
			16	54	18	50	4	8		
11	Нижніх частот	50	11		13		26		52	
12	Верхніх частот	120	55		57		45		90	
13	Смуговий	200	F _{pass1}	F _{pass2}	F _{stop1}	F _{stop2}	1		A _{stop1}	A _{stop2}
			14	66	13	70			70	80
14	Нижніх частот	50	15		20		31		65	
15	Верхніх частот	150	63		68		35		70	
16	Режекторний	150	F _{pass1}	F _{pass2}	F _{stop1}	F _{stop2}	A _{pass1}	A _{pass2}	1	
			15	69	16	62	0.5	1		
17	Нижніх частот	50	13		15		45		90	
18	Верхніх частот	70	29		32		41		85	

№ варіанту	Тип фільтру	F_s , Гц	F_{pass} , Гц	F_{stop} , Гц	A_{pass} , дБ	A_{stop} , дБ	№ варіанту	Тип фільтру	F_s , Гц
19	Смуговий	120	F_{pass1}	F_{pass2}	F_{stop1}	F_{stop2}	1	A_{stop1}	A_{stop2}
			20	42	19	50		64	82
20	Нижніх частот	50	15		20		31	65	

Контрольні запитання:

1. Фільтр та його поняття.
2. Дати визначення фільтру нижніх частот.
3. Дати визначення фільтру верхніх частот.
4. Що таке смуговий фільтр?
5. Що таке режекторний фільтр?
6. Якими способами можна запустити Filter Design & Analysis?
7. Для чого призначений пакет Signal Processing Toolbox?

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ FUZZY LOGIC TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB

Мета роботи

Вивчити основи та ознайомитися зі складом та можливостями нечіткої логіки Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab. Та ознайомитися з редактором систем нечіткого виводу.

Теоретичні відомості

Нечітка логіка – галузь математики, яка являється підсумком класичної, тобто аристотелевської логіки і теорії множин, на той випадок коли істинність розглядається як лінгвістична змінна. Вказані лінгвістичні значення представляються нечіткими множинами [11].

Лінгвістична змінна – в теорії нечітких множин – це змінна котра може приймати значення фрази з природньої або неприродньої (штучної) мови.

Нечітка множина є сукупністю довільних символічних елементів, для яких неможливо з упевненістю сказати чи мають ці елементи певні характеристичні властивості, котрий використовується для задання нечіткої множини [12].

Функція приналежності нечіткої множини приписує кожному елементу $x \in X$ степінь його приналежності до нечіткої множини A , при цьому можна виділити три випадки [13]:

- 1) $\mu_A(x) = 1$, означає повну приналежність елемента x до нечіткої множини A , тобто $x \in A$;
- 2) $\mu_A(x) = 0$, означає відсутність приналежності елемента x до нечіткої множини A , тобто $x \notin A$;
- 3) $0 < \mu_A(x) < 1$, означає часткову приналежність елемента x до нечіткої множини A .

Нечітка логіка і теорія нечітких множин лежать в основі багатьох методів дослідження і моделювання систем, які відносяться до області штучного інтелекту. Для реалізації процесу нечіткого моделювання в середовищі Matlab вбудований спеціальний пакет розширення Fuzzy Logic Toolbox. За допомогою цього пакету користувач може виконувати необхідні дії по розробці і використанню нечітких моделей в одному із наступних режимів:

- В інтерактивному режимі, за допомогою графічних засобів редагування і візуалізації всіх компонентів системи нечіткого виводу;
- В режимі команд за допомогою вводу імен відповідних функцій с необхідними аргументами в самій системі Matlab.

В склад пакету Fuzzy Logic Toolbox входять наступні графічні засоби:

- Редактор систем нечіткого виводу Fuzzy Inference System (FIS Editor);
 - Редактор функцій приналежності нечіткого виводу (Membership Function Editor);
 - Редактор правил системи нечіткого виводу (Rule Editor);
 - Програма перегляду правил системи нечіткого виводу (Rule Viewer);
 - Програма перегляду поверхні системи нечіткого виводу (Surface Viewer)
- [14].

Можливості Toolbox

Побудова основних операцій над нечіткими множинами з використанням середовища Matlab можливо за допомогою наступних функцій:

- *trimf*;
- *trapmf*;
- *gaussmf*;
- *gbellmf*;
- *sigmf*.

Опис трикутної функції приналежності виконується за допомогою *trimf*:

$$y = \text{trimf}(x, [a \ b \ c]),$$

де вектор x – базова множина, на якій визначається функція приналежності;
а і c – задають основу трикутника, b – його вершину.

В аналітичному вигляді трикутна функція приналежності задається наступним чином:

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & x > c. \end{cases} \quad (3.1)$$

Трапецієвидна функція приналежності, описується за допомогою *trapmf*:

$$y = \text{trapmf}(x, [a \ b \ c]),$$

де вектор x – базова множина, на якій визначається функція приналежності;
а і d – задають нижню основу трапеції, b і c – задають верхню основу трапеції.

В аналітичному вигляді трапецієвидна функція приналежності задається наступним чином:

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x < a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & x > c. \end{cases} \quad (3.2)$$

Функція *gaussmf* задає функцію приналежності у вигляді симетричної Гаусової кривої.

$$y = \text{gaussmf}(x, \text{params}),$$

де x – вектор, для координат якого необхідно розрахувати степені приналежності; *params* – вектор параметрів функції приналежності (порядок задання параметрів – $[\sigma, c]$).

В аналітичному вигляді ця функція приналежності задається наступним чином:

$$f(x, \sigma, c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.3)$$

Де c – координата максимуму функції приналежності; σ – коефіцієнт концентрації функції приналежності.

Вихідний аргумент у повертається функцією у вигляді масиву, в якому містяться степені приналежності координат вектора x .

Функція *gbellmf* задає функцію приналежності у вигляді симетричної кривої у вигляді дзвону.

$$y = \text{gbellmf}(x, [a \ b \ c]),$$

В аналітичному вигляді ця функція приналежності задається наступним чином:

$$f(x, a, b, c) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - c}{a} \right|^{2b}} \quad (3.4)$$

Де a – коефіцієнт концентрації функції приналежності; b - коефіцієнт крутизни функції приналежності; c - координата максимуму функції приналежності.

Функції приналежності на основі функції розподілу Гауса і функція приналежності симетричної кривої у вигляді дзвону відрізняються гладкістю і простотою запису і вони є найбільш використовуваними для опису нечітких множин. Але в них є недолік, вони не дозволяють формувати асиметричні функції приналежності. Тому для формування асиметричної функції приналежності використовується сигмоїдна функція *sigmf*.

$$y = \text{sigmf}(x, [a \ c])$$

В аналітичному вигляді сигмоїдна функція приналежності задається наступним чином:

$$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + x^{-a(x-c)}} \quad (3.5)$$

Де a – коефіцієнт крутизни функції приналежності; c - координата перегину функції приналежності [15].

Редактор систем нечіткого виводу Fuzzy Inference System (FIS Editor), є основним засобом, що використовують для створення або редагування систем нечіткого виводу в графічному режимі. Цей редактор можна запустити за допомогою команди fuzzy в командній стрічці. Данна команда надає користувачеві можливість задання і редагування системи нечіткого виводу, наприклад число входних і вихідних значень, тип системи, метод і т.д.. Вікно даного редактору зображено на рис.3.1:

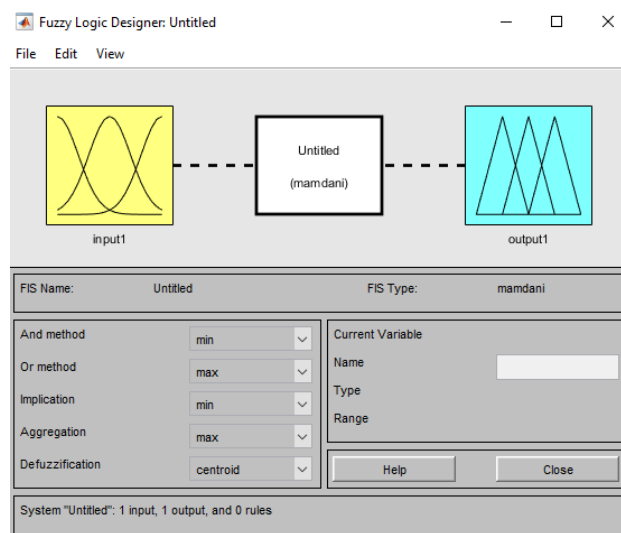


Рис.3.1. Графічний інтерфейс редактору FIS Editor.

Після запуску редактора, за замовчуванням, заданий цілий ряд параметрів, наприклад тип системи нечіткого виводу – Mamdani, нечіткі логічні операції, методи імплікації і т.д., ці параметри можна залишити чи замінити на необхідні.

На верхній частині робочого інтерфейсу редактору FIS Editor зображена діаграма, що візуально зображує входи і виходи системи нечіткого виводу, а посередині знаходиться редактор нечітких правил Rule Editor. Одинарний клік на прямокутник входу або виходу робить цю змінну поточною, і після цього в нижній частині інтерфейсу можна змінювати параметри. Подвійний клік на прямокутник входу або виходу викликає редактор приналежності даної змінної.

Редактор FIS Editor за допомогою головного меню дозволяє користувачеві викликати інші графічні засоби роботи з системою нечіткого виводу. В пункті меню File знаходяться наступні операції:

- New FIS – за допомогою даної операції можна обрати тип системи нечіткого виводу, такі як Mamdani або Sugeno;
- Import – використовується для завантаження в редактор уже існуючої системи нечіткого виводу;
- Export – для збереження редагованої системи нечіткого виводу;
- Print – дозволяє роздрукувати дану систему;
- Close – закриває редактор.

В пункті меню Edit містить в собі наступні операції:

- Undo – відміна виконання останньої дії;
- Add Variable... – дозволяє додати вхідні або вихідні змінні;
- Remove Selected Variable – видаляє попередньо обрану змінну системи;
- Membership Functions... – викликає редактор функцій приналежності;
- Rules – виклик редактору правил нечіткого виводу.

Пункт меню View містить в собі наступні операції:

- Rules – викликає програму для перегляду правил нечіткого виводу;
- Surface – викликає програму перегляду поверхні нечіткого виводу.

В нижній частині робочого інтерфейсу знаходяться наступні впливаючі меню:

- And method (метод логічної кон'юнкції) – дозволяє задати метод для виконання логічної кон'юнкції в умовах нечітких правил;
- Or method (метод логічної диз'юнкції) - дозволяє задати метод для виконання логічної диз'юнкції в умовах нечітких правил;
- Implication method (метод виводу заключення) - дозволяє задати метод для активації логічного заключення в умовах нечітких правил;

- Aggregation method (метод агрегування) – дозволяє задати метод для агрегування значень функції приналежності кожної із вихідних змінних в заключенні нечітких правил;
- Defuzzification method (метод дефазифікації) - дозволяє задати метод для виконання дефазифікації вихідних змінних в системі нечіткого виводу типу Мамдані або Саджено [14].

Приклади виконання роботи

Приклад 1

Описати функцію приналежності за допомогою різних команд.

1. Опишемо функцію за допомогою *trimf*:

```
x = 0:0.1:10;  
y = trimf(x, [2 5 8]);  
plot (x, y);
```

В результаті отримаємо графік (рис.3.2):

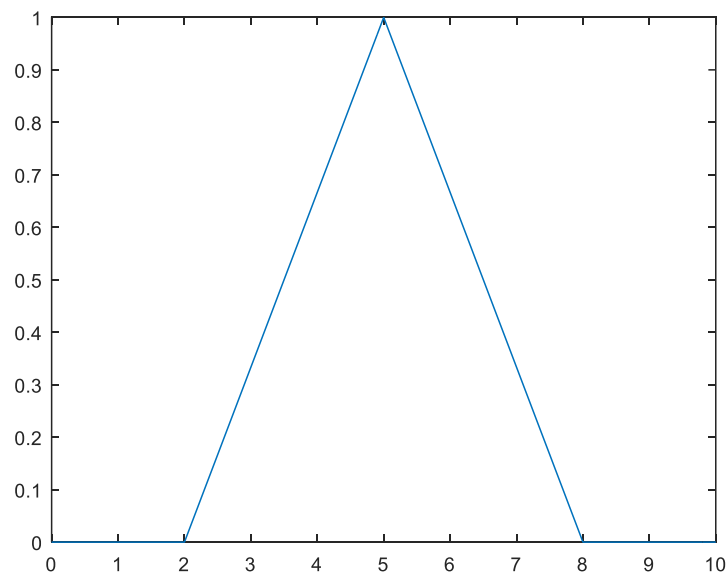


Рис.3.2. Графік функції приналежності описаної за допомогою команди *trimf*.

2. Опишемо функцію за допомогою *trapmf*:

```
x = 0:0.1:10;  
y = trapmf(x, [1 3 5 9]);  
plot (x, y);
```

В результаті отримаємо графік (рис.3.3):

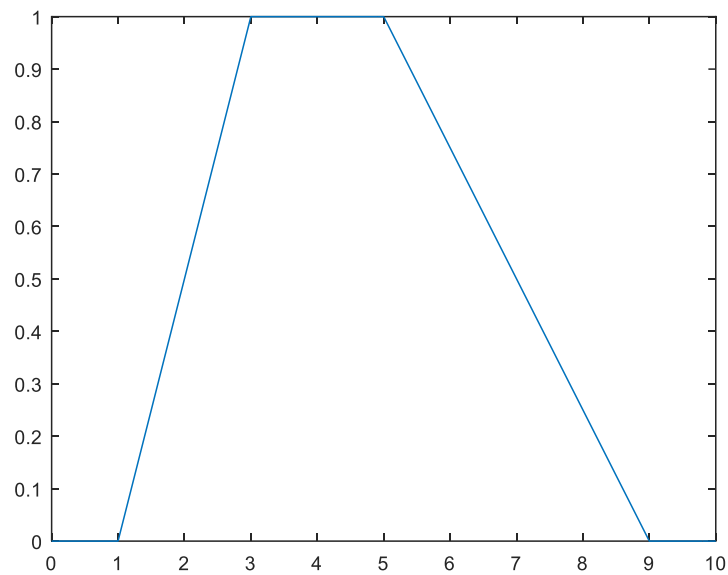


Рис.3.3. Графік функції приналежності описаної за допомогою команди `trapmf`.

3. Опишемо функцію за допомогою `gaussmf`:

```
x = 0:0.1:10;  
y = gaussmf(x, [4 8]);  
plot(x, y);
```

В результаті отримаємо графік (рис.3.4):

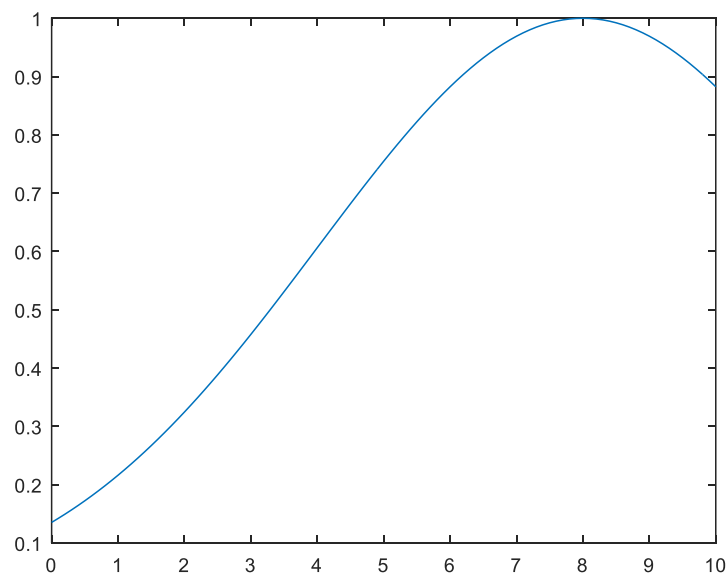


Рис.3.4. Графік функції приналежності описаної за допомогою команди `gaussmf`.

4. Опишемо функцію за допомогою *gbellmf*:

```
x = 0: 0.1: 10;  
y1 = gbellmf (x, [2 2 7]);  
y2 = gbellmf (x, [2 4 7]);  
y3 = gbellmf (x, [2 6 7]);  
plot (x, [y1; y2; y3]);
```

В результаті отримаємо графік (рис.3.5):

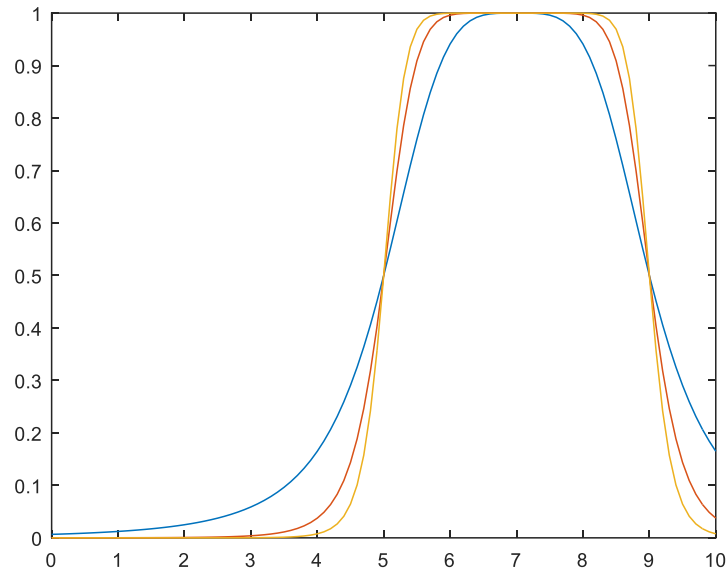


Рис.3.5. Графік функції приналежності описаної за допомогою команди *gbellmf*.

5. Опишемо функцію за допомогою *sigmf*:

```
x = 0: 0.1: 10;  
y1 = sigmf (x, [-2 2]);  
y2 = sigmf (x, [-3 2]);  
y3 = sigmf (x, [2 4]);  
y4 = sigmf (x, [3 4]);  
plot (x, [y1; y2; y3; y4]);
```

В результаті отримаємо графік (рис.3.6):

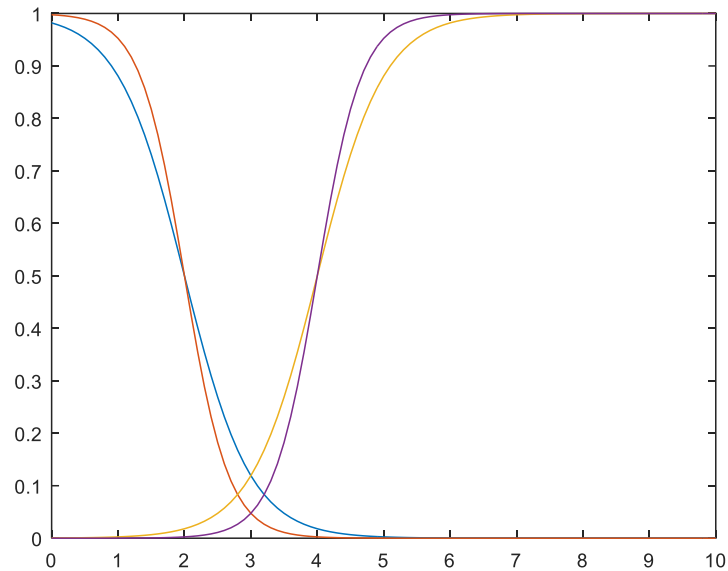


Рис.3.6. Графік функції приналежності описаної за допомогою команди `sigmf`.

Приклад 2

Необхідно в графічному редакторі FIS Editor вирішити задачу «Яку оцінку поставити студенту?», якщо є певні правила:

- 1) Якщо студент виконав завдання повільно і якість погана, то оцінка задовільно;
- 2) Якщо студент виконав завдання середньо і якість хороша, то оцінка добре;
- 3) Якщо студент виконав завдання швидко і якість хороша, то оцінка відмінно.

Швидкість виконання і якість буде оцінюватись по десятибальній шкалі.

Запускаємо редактор FIS Editor та додаємо ще один блок `input2` за допомогою меню `Edit >> Add Variable ...>> Input`, та отримаємо (рис.3.7):

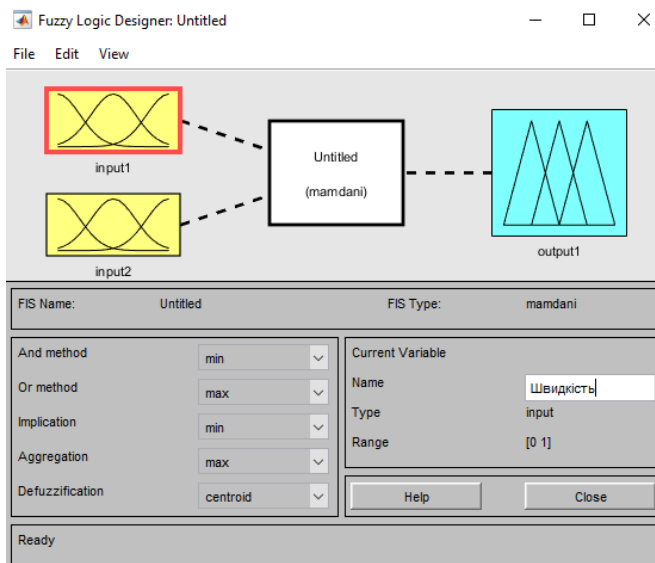


Рис.3.7. Головне вікно редактора FIS Editor з двома вхідними блоками.

Потім одним натиском на блок input1 в розділі Name задаємо йому ім'я «Швидкість», так же робимо з наступними блоками, input2 замінюємо на «Якість» та output1 замінюємо на «Оцінка».

Після того як кожен блок названий переходимо в меню Edit >> Membership Functions ..., або двічі натискаємо мишкою на блоці Швидкість.

Перед нами відкриється графічний редактор Membership Function Editor, де ми будемо задавати параметри кожному блоку.

Обираємо блок Швидкість. Задаємо йому три функції приналежності типу gaussmf (Number of MFs = 3). Для цього необхідно перейти в меню Edit >> Add MFs, після чого відкриється діалогове вікно де ми змінюємо параметри як показано на рис.3.8:

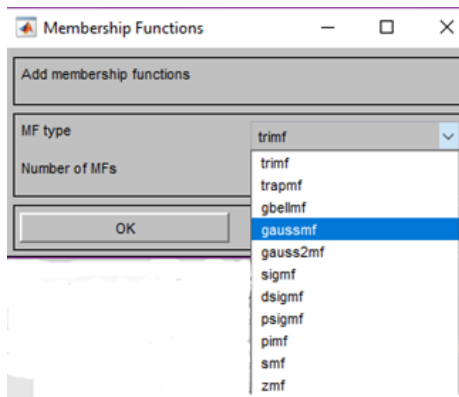


Рис.3.8. Діалогове вікно Membership Functions де задається функція приналежності та число цих функцій.

Тепер повернувшись до графічного редактора Membership Function Editor, натискаємо на криві що знаходяться на графіку блоку Швидкість та задаємо їм ім'я, значення параметрів та діапазон: Range – [0 10], Display Range - [0 10]. Перша крива: Name - Повільно, Params - [-4 0 4]; Друга крива: Name - Середньо, Params - [2.123 5]; Третя крива: Name - Швидко, Params - [2.123 10]. Графік блоку Швидкість має вигляд як на рис.3.9:

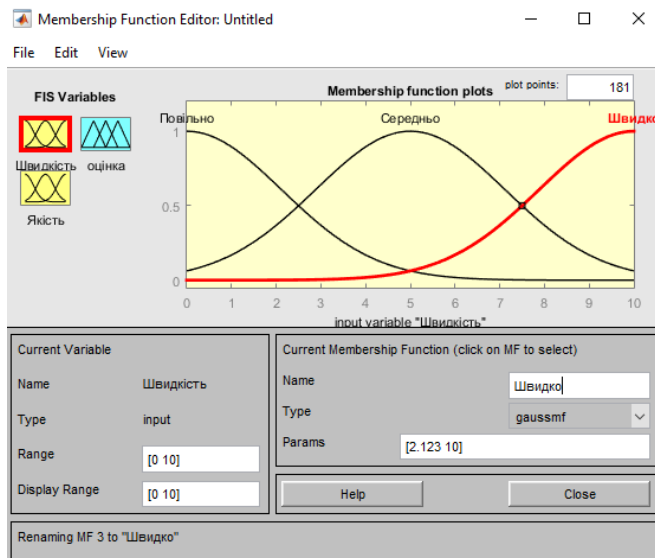


Рис.3.9. Графік блоку Швидкість з назвами кривих.

Тепер переходимо в блок Якість задаємо йому дві функції приналежності типу trapmf (Number of MFs = 2), та задаємо кривим ім'я, значення параметрів та діапазон: Range – [0 10], Display Range - [0 10]. Перша крива: Name - Погана,

Params - [0 0 1 3]; Друга крива: Name - Хороша, Params - [7 9 10 10]. Графік блоку Якість має вигляд як на рис.3.10:

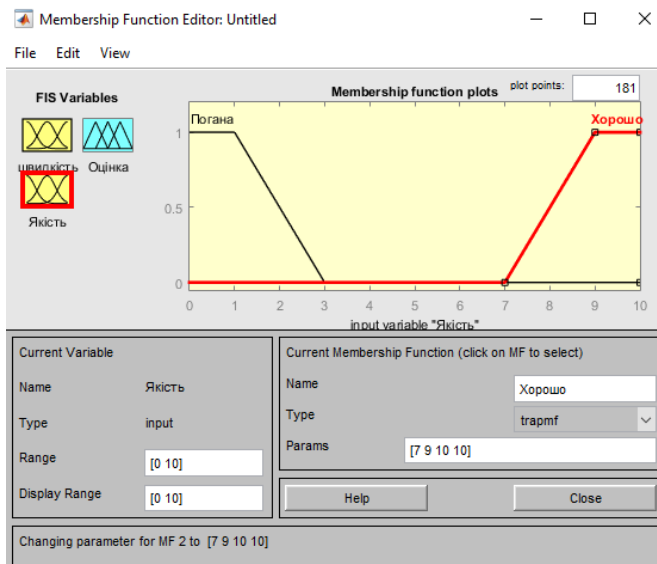


Рис.3.10. Графік блоку Якість з назвами кривих.

І переходимо в блок Оцінка, де залишимо по замовчуванню трикутну функцію приналежності та задамо кривим імена, значення параметрів та діапазон: Range – [0 5], Display Range - [0 5]. Перша крива: Name - Задовільно, Params - [0 1.5 3]; Друга крива: Name - Добре, Params - [3 3.5 4]; Третя крива: Name - Відмінно, Params - [4 4.5 5]. Графік блоку Оцінка має вигляд як на рис.3.11:

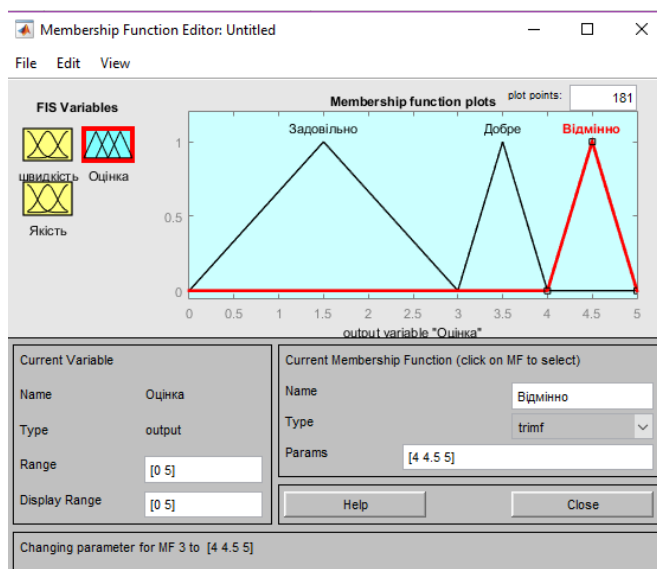


Рис.3.11. Графік блоку Оцінка з назвами кривих.

Тепер у нас все готово для конструювання правил. Для цього необхідно перейти в меню Edit >> Rules... . Правила для даного прикладу указані в умові задачі. Потрібно ці правила відобразити в вікні редактору правил (Rule Editor), при цьому для зв'язки використовуємо and. Вибираєм в кожній комірці одним кліком те що задано в правилі і натискаємо Add rule. Як можна побачити, то в кожній комірці з'явилося слово none, ми ставимо зв'язок з ним якщо з цієї комірки нічого не вибирається. В підсумку, вікно редактора правил повинно мати наступний вигляд:

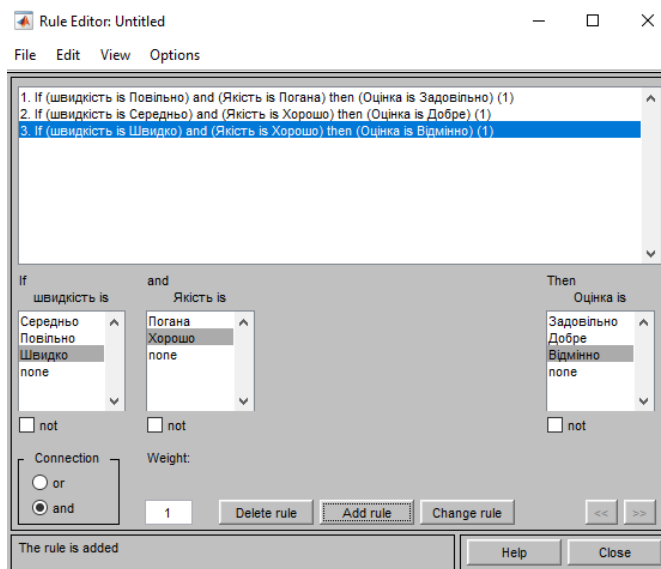


Рис.3.12. Вікно редактора правил зі сформульованими правилами.

Збережемо систему File >> Export >> To File... і випробуємо її в дії.

Відкриваємо через меню View >> Rules (вікно перегляду правил) і подивимось на значення змінних, при швидкості виконання = 5 та якості виконання = 5, запропонована системою оцінка студенту буде = 2.5 (рис.3.13.).

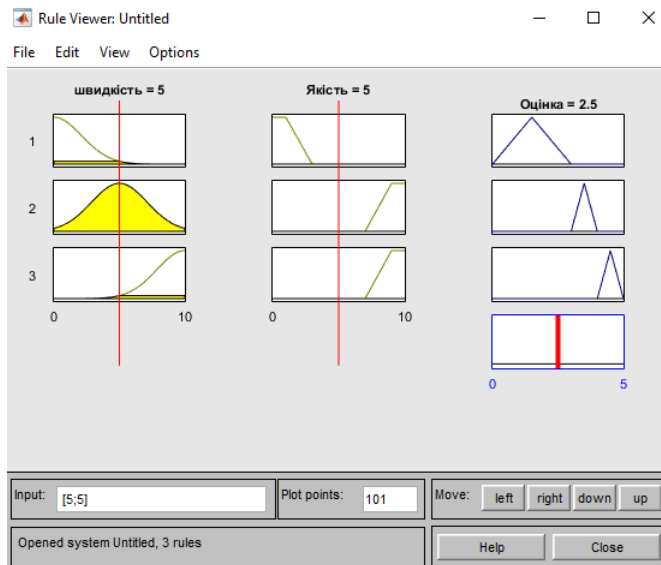


Рис.3.13. Результат оцінювання системою при певних значеннях змінних.

Тепер змінимо значення змінних Швидкість та Якість та отримаємо результат:

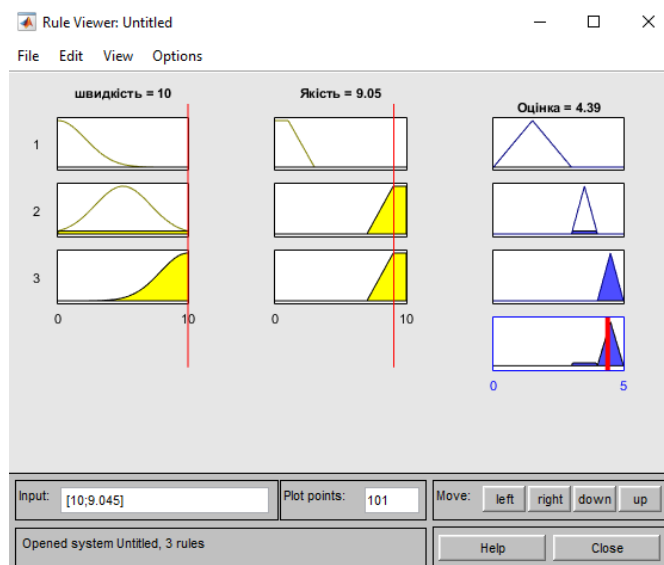


Рис.3.14. Результат оцінювання системою при змінених значеннях змінних.

Для відображення залежності вихідного значення змінної від вхідних перейдемо View >> Surface де можна отримати поверхню відгуку при відповідному виборі пункт-меню (рис.3.15.).

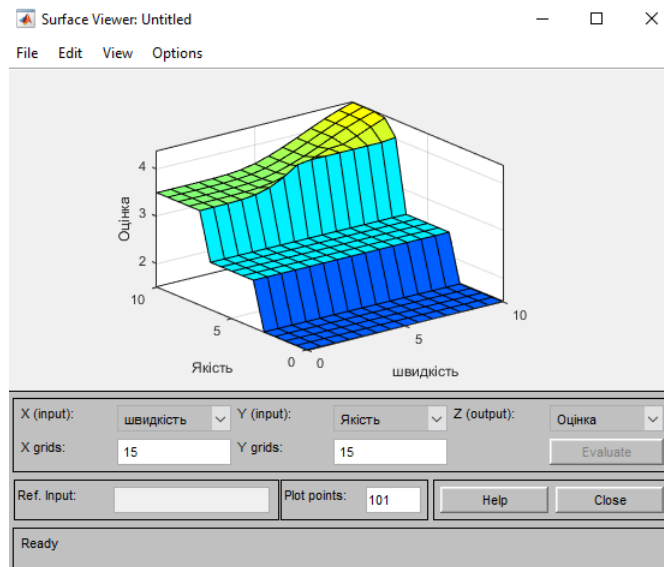


Рис.3.15. Залежність вихідного значення змінної від вхідних на поверхні відгуку.

Завдання до виконання комп'ютерного практикуму

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями.
2. Описати функцію приналежності за допомогою заданої команди, відповідно до варіанту, згідно табл.3.1. (варіант завдання задається викладачем).
3. Повторити послідовність дій описаних у Прикладі 2, та вивести результат оцінювання системи, в графічному вікні Rule Viewer, при певних значеннях змінних, указаних у варіанті табл.3.2. (варіант завдання задається викладачем).
4. Відповісти на контрольні запитання.
5. Оформити звіт.

Таблиця 3.1. Варіанти завдань.

№	Функція	Значення параметрів
1	gbellmf	[3 3 6], [3 6 6], [3 9 6]
2	sigmf	[-3 3], [-4 3], [3 5], [4 5]
3	gaussmf	[2 5]
4	trapmf	[1 2 3 4]
5	trimf	[1 4 7]
6	trapmf	[1 3 5 7]
7	gaussmf	[1 5]
8	gbellmf	[2 3 8], [2 6 8], [2 9 8]
9	trimf	[2 5 6]
10	gaussmf	[5 2]
11	sigmf	[-10 11], [-11 10], [10 15], [13 15]
12	trimf	[4 5 6]
13	trapmf	[1 2 6 7]
14	gaussmf	[2 7]
15	sigmf	[-7 7], [-6 7], [7 5], [6 5]
16	gbellmf	[1 2 9], [1 5 9], [1 8 9]
17	gaussmf	[4 18]
18	sigmf	[-7 7], [-10 9], [9 13], [11 13]
19	trimf	[2 5 6]
20	trapmf	[1 3 7 9]

Таблиця 3.2. Варіанти завдань.

№	Значення змінної Швидкість	Значення змінної Якість	№	Значення змінної Швидкість	Значення змінної Якість
1	5	5	11	3	7
2	7	7	12	10	3
3	2	6	13	1	8
4	8	4	14	2	8
5	9	9	15	5	5
6	3	3	16	7	3
7	1	2	17	7	2
8	7	7	18	6	1
9	4	4	19	5	1
10	6	5	20	8	10

Контрольні запитання:

- 1) Що таке нечітка логіка?
- 2) Поняття нечіткої множини.
- 3) В яких режимах можна розробляти нечіткі моделі?
- 4) Які графічні засоби входять в пакет Fuzzy Logic Toolbox?
- 5) За допомогою яких функцій можна побудувати основні операції над нечіткими множинами?
- 6) Аналітичний вигляд трикутної функції.
- 7) Аналітичний вигляд трапецієвидної функції.
- 8) Аналітичний вигляд функції фсиметричної кривої у вигляді дзвону.
- 9) Опишіть Fuzzy Inference System.

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ SPLINE TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB

Мета роботи

Вивчити основи та ознайомитися зі складом та можливостями роботи зі сплайнами за допомогою пакету Spline Toolbox середовища Matlab. Та ознайомитися функціями конструювання сплайнів.

Теоретичні відомості

Сплайн – функція, область визначення якої розбита на певну кількість відрізків, на кожному з яких вона співпадає з деяким алгебраїчним багаточленом.

Сплайн – це функція, яка разом з декількома похідними неперервна по всьому відрізку $[a,b]$, а на кожному частковому відрізку окремо є певним алгебраїчним багаточленом [16].

Степеню сплайна називається степінь багаточлена максимальна по всіх часткових відрізках [16].

Дефектом сплайна називається різниця між степеню сплайна і порядком найвищої неперервної на відрізку $[a,b]$ похідної [16].

Інтерполяція – оцінка значення невідомої величини, що знаходиться між двома точками ряду відомих величин [17].

Пакет Spline Toolbox середовища Matlab дозволяє конструювати сплайни, виконувати інтерполяцію та апроксимацію одномірних та багатомірних даних. Побудовані сплайни записуються в спеціальному форматі, що дає можливість візуалізації сплайнів, виконувати арифметичні та інші операції з ними, тобто інтегрування, диференціювання, мінімуми та максимуми та інше [18].

Spline Toolbox підтримує роботу з наступними основними формами запису сплайнів [18]:

- B-форма (B-form);

- Кусково-поліноміальна форма;
- Сплайн-поверхні або сплайни типу тонкої пластини;
- Раціональні сплайни, чисельник і знаменник яких можуть бути представленні як в кусково-поліноміальній формі так і В-сплайнами;
- Сплайни, що залежать від декількох змінних, які представленні тензорними добутками.

Також за допомогою Spline Toolbox є можливість побудови інтерполяційних та згладжуючих сплайнів і апроксимувати дані методом найменших квадратів.

Можливості Toolbox

В склад Spline Toolbox входять функції і додатки з графічним інтерфейсом користувача, що призначені для роботи зі сплайнами та для демонстрації різних можливостей Spline Toolbox. Функції Spline Toolbox поділяють на різні категорії[16]:

- Інтерполяція та апроксимація сплайнами різного порядку;
- Побудова сплайнів по заданим вузлам і коефіцієнтам;
- Візуалізація сплайнів та операції над ними;
- Заходження вузлів і полюсів інтерполяції для отримання хорошого наближення;
- Додатки з графічним інтерфейсом для експериментів зі сплайнами;
- Демонстраційні приклади.

Для вирішення задач інтерполяції кубічним сплайном в середовищі Matlab використовується функція *spline*:

spline (x , y , X);

де x , y – вектори значень вузлів та функцій y у вузлах; X – вектор з новими значеннями вузлів.

В склад Spline Toolbox входить додаток Spline Tool з графічним інтерфейсом користувача, що призначений для апроксимації даних сплайнами. Додаток дозволяє [16]:

1. Вказувати функцію що наближається, задану формулою чи таблично, або обрати один із стандартних прикладів для дослідження;
2. Будувати наближення за допомогою:
 - Інтерполяційних кубічних сплайнів;
 - Інтерполяційних сплайнів від 1-го до 14-го порядку;
 - Згладжуючих сплайнів;
 - Сплайнів від 1-го до 14-го порядку по методу найменших квадратів;
3. Отримувати швидкий доступ до інформації про використовувані наближення;
4. Вивчати розподіл помилок інтерполяції та апроксимації;
5. Вивчати поведінку першої та другої похідної наближеної функції;
6. Змінювати вузли інтерполяції і спостерігати за якістю отриманого наближення;
7. Зберігати в змінних робочого середовища наближення та дані для подальшої роботи з ними;
8. Виводити результати в окреме графічне вікно;
9. Генерувати m-файл з функцією, виклик якої від вихідних даних приведе до повторення наближення і візуалізації наближення і даних в окремому графічному вікні.

Додаток Spline Tool дозволяє вивчати команди Spline Toolbox тому, що використання графічного інтерфейсу додатку супроводжуються зображенням відповідних функцій Spline Toolbox з необхідними коментарями.

Для запуску додатку Spline Tool необхідно в командній стрічці Matlab виконати команду:

```
>> splinetool
```

Після чого з'явиться стартове вікно в якому запропоновано обрати один із декількох пунктів (рис.4.1):

- 1) Імпортувати власні дані (кнопка *Import your own data*);
- 2) Обрати один із прикладів який завантажується автоматично і з'являється вікно з поясненням цілі досліджу.

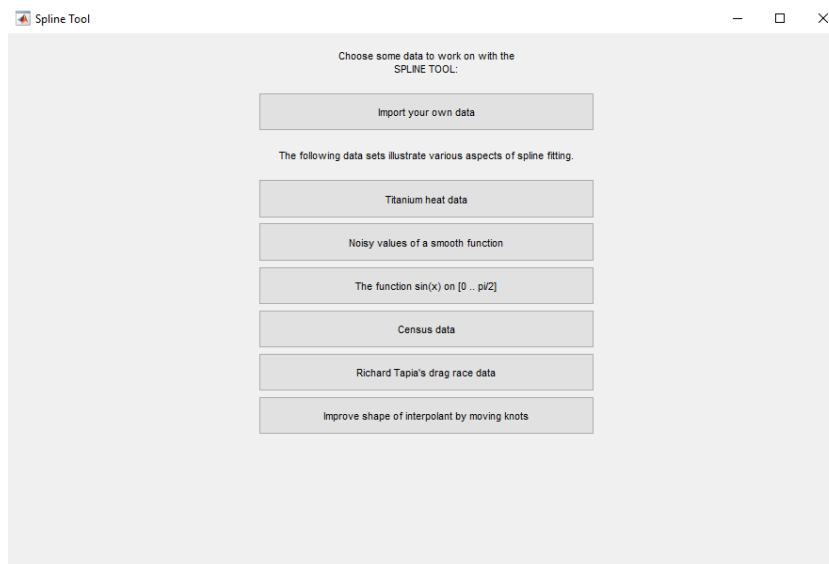


Рис.4.1. Стартове вікно додатку Spline Tool.

Кнопка *Titanium heat data* — наближення даних сплайнами по методу найменших вадратів, вивчення впливу вузлів на якість приближення (рис.4.2).

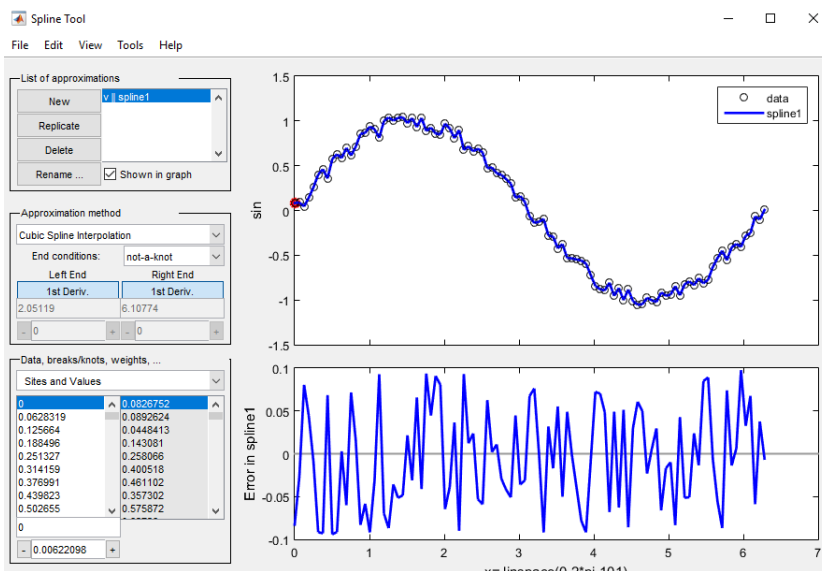


Рис.4.2. Приклад відкритий за допомогою Titanium heat data.

Кнопка *Noisy values of a smooth function* – виконує функцію приближення даних з помилками (рис.4.3).

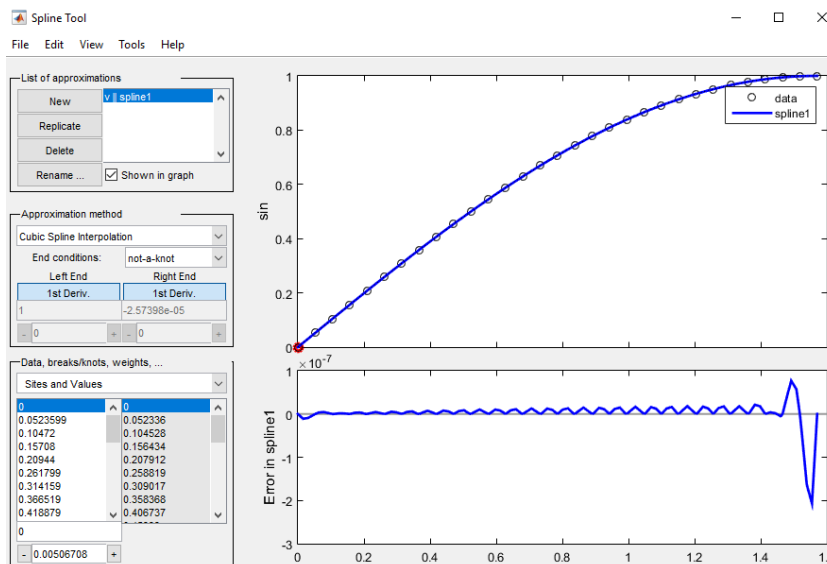


Рис.4.3. Приклад відкритий за допомогою Noisy values of a smooth function.

Кнопка *The function $\sin(x)$ on $[0..\pi/2]$* – представляє до вивчення впливу граничних умов на якість наближення кубічними сплайнами (рис.4.4).

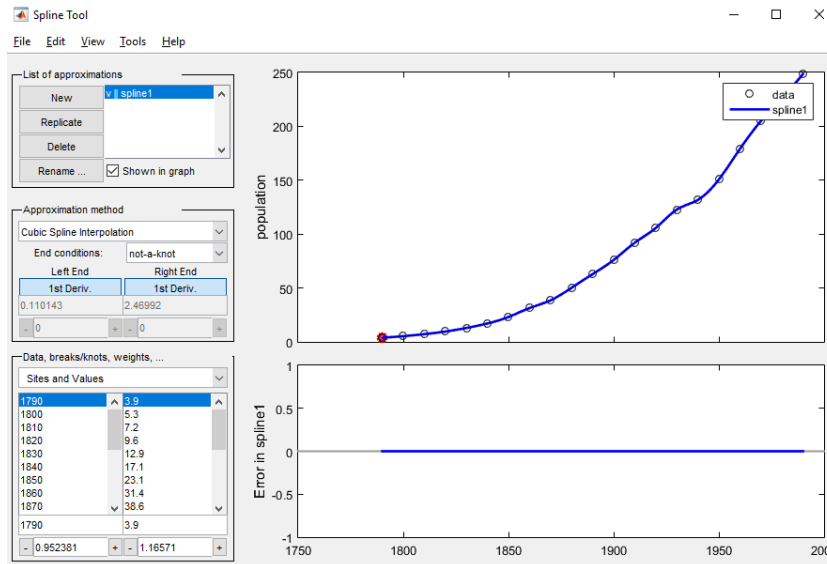


Рис.4.4. Приклад відкритий за допомогою The function $\sin(x)$ on $[0..\pi/2]$.

Кнопка *Richard Tapia's drag race data* - дозволяє отримати прискорення по заданій табличній залежності переміщення від часу (рис.4.5).

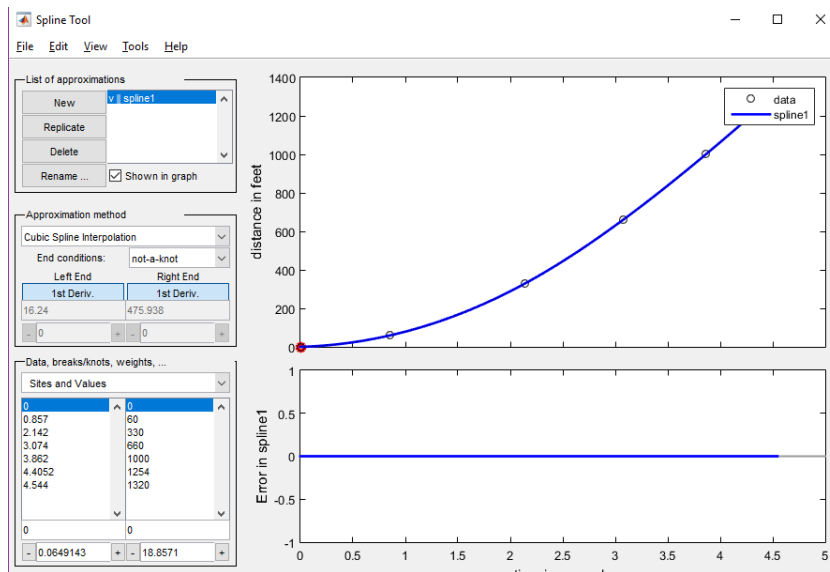


Рис.4.5. Приклад відкритий за допомогою Richard Tapia's drag race data.

Кнопка *Improve shape of interpolant by moving knots* – допомагає у вивченні якості інтерполяції кубічними сплайнами в залежності від розміщення вузлів (рис.4.6).

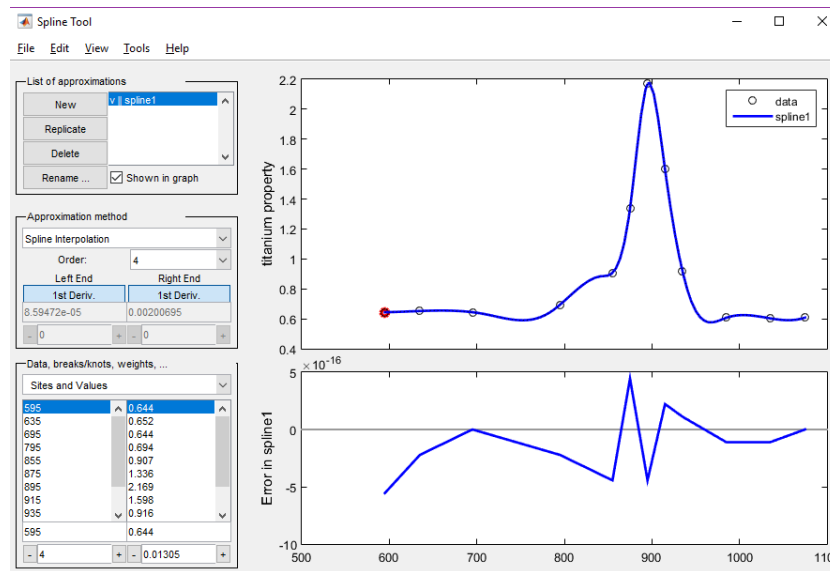


Рис.4.6. Приклад відкритий за допомогою Improve shape of interpolant by moving knots.

Приклади виконання роботи

Приклад 1

Необхідно задати синусоїду з 10-ма точками і провести інтерполяцію кубічним сплайном.

```
x = 0:10;  
y = sin(x);  
xi = 0:.25:10;  
yi = spline(x, y, xi);  
plot(x, y, 'o', xi, yi, 'g')
```

І в результаті отримаємо (рис.4.7):

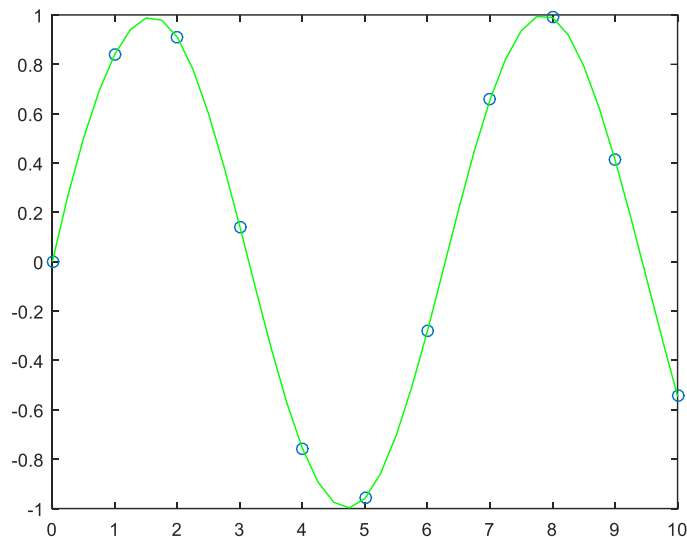


Рис.4.7. Результат виконання першого прикладу.

Приклад 2

Необхідно приблизити функцію $y = x^2 \cos(x)$ на відрізку $[-\pi; \pi/2]$ по 12 рівновіддаленим точкам.

Для того щоб власноруч не вираховувати точки, щоб вони були рівновіддаленими створимо лінійний масив (функція *linspace*) в m-файлі та імпортуємо ці дані в додаток Spline Tool за допомогою команди *splinetool*.

```
x = linspace (-pi,pi/2,12);  
y = x.^2.*cos(x);  
splinetool (x,y)
```

І в результаті отримаємо (рис.4.8):

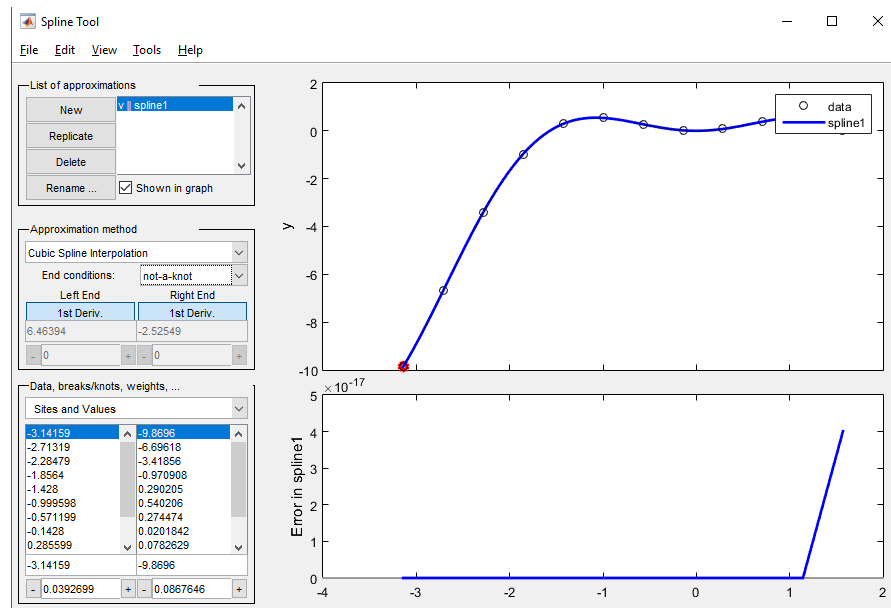


Рис.4.8. Результат виконання програми з 12 рівновіддаленими вузлами.

Завдання до виконання комп'ютерного практикуму

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями.
2. Відповідно до Прикладу 1, необхідно задати функцію з n -кількістю точок і провести інтерполяцію кубічним сплайном. Варіанти завдань знаходяться в табл. 4.1. (варіант завдання задається викладачем)
3. Відповідно до Прикладу 2, необхідно приблизити функцію на певному відрізку по n -кількістю рівновіддаленим точкам. Варіанти завдань знаходяться в табл. 4.2. (варіант завдання задається викладачем)
4. Відповісти на контрольні запитання.
5. Оформити звіт.

Таблиця 4.1. Варіанти завдань.

№	Функція	К-ть точок	№	Функція	К-ть точок
1	$\sin(x)$	10	11	$\sin(x)$	7
2	$\cos(x)$	11	12	$\cos(x)$	10
3	$\operatorname{tg}(x)$	11	13	$\operatorname{tg}(x)$	13
4	$\sin(x)$	12	14	$\sin(x)$	12
5	$\cos(x)$	9	15	$\cos(x)$	10
6	$\operatorname{tg}(x)$	10	16	$\operatorname{tg}(x)$	12
7	$\sin(x)$	11	17	$\sin(x)$	6
8	$\cos(x)$	11	18	$\cos(x)$	12
9	$\operatorname{tg}(x)$	12	19	$\operatorname{tg}(x)$	10
10	$\cos(x)$	6	20	$\cos(x)$	12

Таблиця 4.2. Варіанти завдань.

№	Функція	Відрізок	К-ть точок	№	Функція	Відрізок	К-ть точок
1	$x^2\cos(x)$	$[-\pi/2; \pi/2]$	10	11	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi]$	7
2	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/4]$	11	12	$x^2\cos(x)$	$[-\pi/2; \pi/2]$	10
3	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/2]$	11	13	$x^2\cos(x)$	$[-\pi; \pi/4]$	13
4	$x^2\cos(x)$	$[-\pi/2; \pi/2]$	12	14	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/2]$	12
5	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/4]$	9	15	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/4]$	10
6	$x^2\cos(x)$	$[-\pi; \pi/2]$	10	16	$x^2\cos(x)$	$[-\pi; \pi/2]$	12
7	$x^2\cos(x)$	$[-\pi; \pi]$	11	17	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/4]$	6
8	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/4]$	11	18	$x^2\cos(x)$	$[-\pi; \pi]$	12
9	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/2]$	12	19	$x^2\cos(x)$	$[-\pi/2; \pi/2]$	10
10	$x^2\cos(x)$	$[-\pi/2; \pi/2]$	6	20	$x^2\sin(x)$	$[-\pi; \pi/2]$	12

Контрольні запитання:

1. Що таке сплайн?
2. Що називається дефектом сплайна?
3. За допомогою якої функції провидиться кубічна інтерполяція сплайном?
4. Що таке інтерполяція?
5. На які категорії поділяють функції Spline Toolbox?
6. Що необхідно для запуску додатку Spline Tool?
7. Що можна виконувати за допомогою додатку Spline Tool?
8. Дайте характеристику пакету Spline Toolbox.

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 5

ДОСЛІДЖЕННЯ STATISTICS TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB

Мета роботи

Вивчити основи та ознайомитися зі складом та можливостями роботи з кластерами за допомогою пакету Statistics Toolbox середовища Matlab. Ознайомитися функціями побудови кластерів. Навчитися працювати з графічним середовищем Statistics Toolbox.

Теоретичні відомості

Кластер - скупчення однотипних об'єктів [19].

Кластеризація – процес розбиття заданої вибірки об'єкта на непересічні підмножини, які називаються кластерами, так, щоб кожен кластер складався із схожих об'єктів, а об'єкти різних кластерів відрізнялись. Одним із напрямлень кластеризації є розуміння даних шляхом виявлення кластерної структури. Розбиття спостережень на групи схожих об'єктів дозволяє спростити подальшу обробку даних і прийняття рішень, використовуючи до кожного кластера різні методи аналізу [20].

Пакет Statistics Toolbox пропонує широкий спектр інструментів для статистичних інформаційних технологій. Ключові характеристики включають в себе: регресійний аналіз і діагностику зі змінним вибором, нелінійне моделювання, моделювання ймовірностей і оцінку параметрів, аналіз чутливості з використанням генератора випадкових чисел, статистичне управління процесом і дизайн експерименту [21].

Набір інструментів Statistics Toolbox містить алгоритми та інструменти для організації, аналізу і моделювання даних.

При аналізі багатомірних даних Statistics Toolbox містить в собі алгоритми, котрі дозволяють визначати ключові змінні, перетворювати дані,

використовувати регуляризацію і стиснення даних або використовувати регресію методу дробових найменших квадратів[22].

Statistics Toolbox має багато різних способів дослідження даних, таких як статистичні графіки, алгоритми кластерного аналізу, описова статистика для великих наборів даних.

Можливості Toolbox

Пакет Statistics Toolbox середовища Matlab можна задати за допомогою функцій [23]:

- *pdist* – розраховує парні відстані;
- *squareform* – конвертування у квадратну матрицю;
- *linkage* – формує ієрархічне дерево кластерів;
 - *single* – алгоритм ‘самого близького сусіда’;
 - *complete* – алгоритм ‘самого дальнього сусіда’;
 - *average* – алгоритм ‘середнього зв’язку’;
 - *centroid* – центроїдний алгоритм;
 - *ward* – по-кроковий алгоритм;
- *dendrogram* – графічне представлення результатів кластеризації;
- *cluster* – кластеризація вихідної функції *linkage*.

Основними задачами інтерактивного аналізу розподілу вибірки є [24]:

- Імпорт вибірки одновимірної величини із середовища Matlab;
- Графічне зображення і підбір теоретичного розподілу до вибірових величин;
- Управління кількома можливими рішеннями для однієї вибірки;
- Розрахунок значень функції розподілу для заданих значень випадкової величини [24].

Аналіз розподілу вибірки виконується за допомогою графічного інтерфейсу користувача за допомогою функції *dfittool*.

Після чого відкриється графічне вікно (рис.5.1):

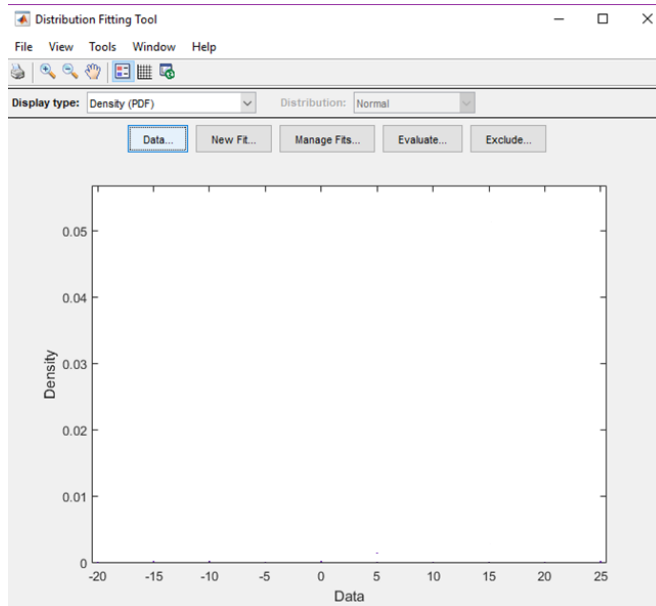


Рис.5.1. Головне вікно dfittool.

Меню Display Type – призначене для вибору виду графіка, котрий буде відображено в графічному вікні (рис.5.1). в даному меню можливо обрати наступні види графіків:

- Density (PDF) – функція розподілу щільності вірогідності;
- Cumulative probability (CDF) – функція розподілу;
- Quantile (inverse CDF) – обернена функція розподілу;
- Probability plot – графік ймовірностей;
- Survivor function – функція виживання;
- Cumulative hazard – функція ризику.

Меню Distribution використовується для вибору виду закону розподілу, для якого розраховуються значення параметрів і побудується відповідний графік.

Вибір задач для вирішення виконується за допомогою наступних кнопок:

- Data – імпорт і управління множинами даних які аналізуються;
- New Fit – створення нового рішення;
- Manage Fits – управління отриманими рішеннями;

- Evaluate – розрахунок параметрів закону розподілу і його графічне зображення;
- Exclude – створення умов відбору даних із виборки.

Після вибору будь-якої із вказаних кнопок буде відкрите нове діалогове вікно, яке служить для вирішення відповідної задачі.

Приклади виконання роботи

Приклад 1

Сформувані ієрархічне дерево кластерів, для двомірної випадкової величини, різними методами. Та графічно представити результати кластеризації.

```
x = [1 2; 4 2; 5 3; 7 3; 3 1; 7 8; 3 9];
y = pdist(x);
a = linkage(y, 'complete');
dendrogram(a);
```

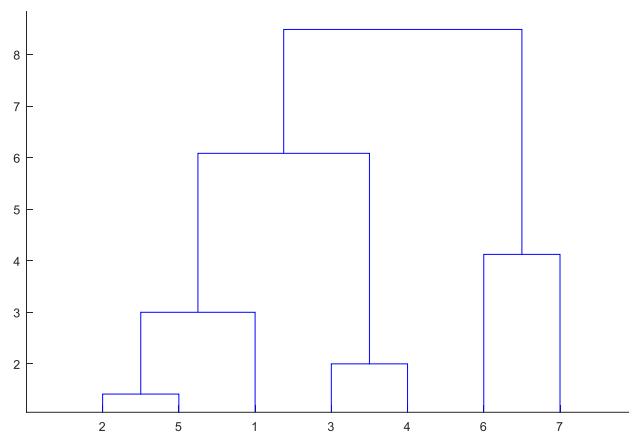


Рис.5.2. Результат кластеризації за алгоритмом ‘самого дальнього сусіда’.

```
b = linkage(y, 'single');
dendrogram(b);
```

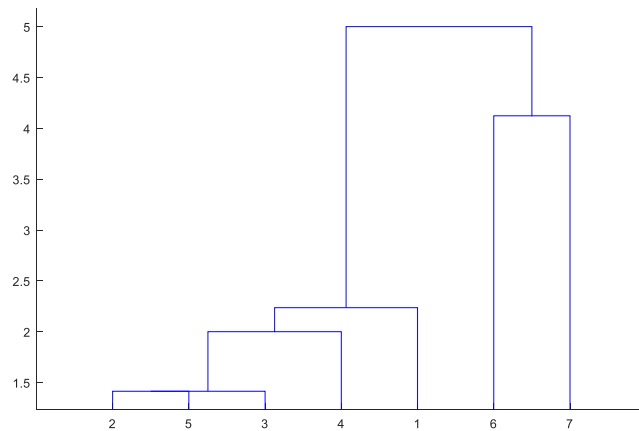


Рис.5.3. Результат кластеризації за алгоритмом ‘самого близького сусіда’.
`c = linkage(y, 'centroid');`
`dendrogram(c);`

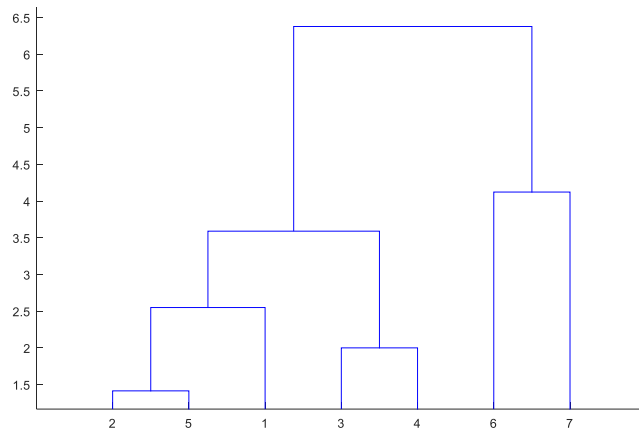


Рис.5.4. Результат кластеризації за допомогою центроїдного алгоритму.

Приклад 2

Необхідно згенерувати вектор випадкових чисел, розподілених по нормальному закону з математичним очікуванням 0.69 і середнім квадратичним відхиленням 6,9 та об’ємом вибірки рівним 100 елементам.

Створимо m-файл та запишемо умови:

```
data = normrnd(0.69, 6.9, 100, 1);  
dfittool
```

Після чого відкриється графічне вікно (рис.5.5), яке було викликане функцією `dfittool`, яка імпортувала дані задані m-файлом.

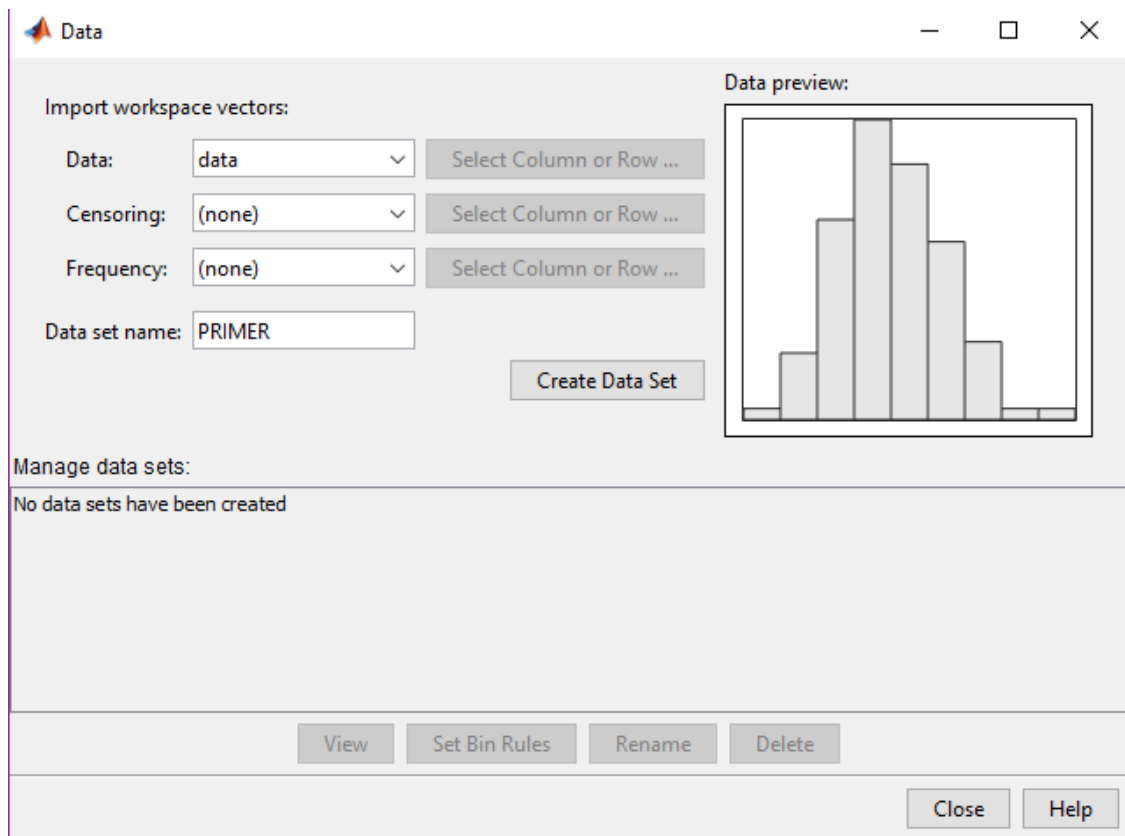


Рис.5.5. Вікно імпорту даних в середовище інтерактивного аналізу.

В меню Data наведений список всіх масивів з числовими значеннями середовища Matlab. Тому в меню Data обираємо ідентифікатор вибірки data, котрий був заданий в m-файлі.

В зоні графічного вікна Data preview буде відображена гістограма вибірки data.

В полі Data set name вводимо ім'я множини даних які аналізуються, наприклад PRIMER. І для створення множини натискаємо на кнопку Create Data Set. І отримаємо результат відображення гістограми (рис.5.6):

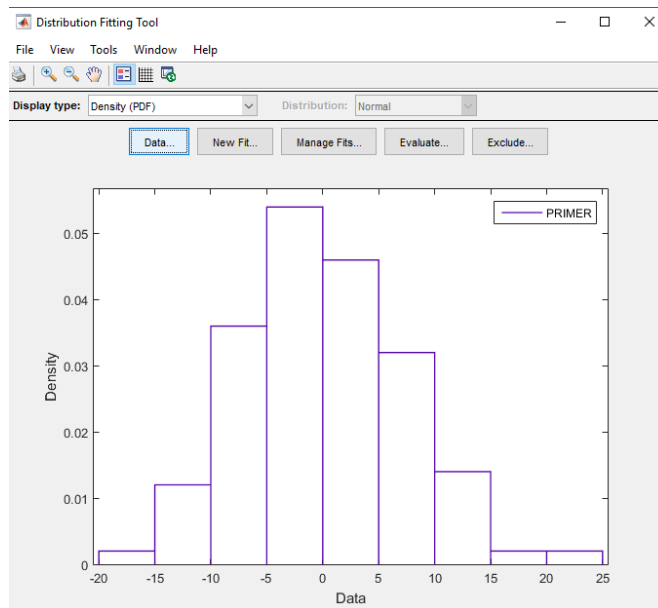


Рис.5.6. Головне вікно dfittool після імпорту вибірки data.

Потім створимо нове рішення, для цього в головному вікні dfittool натискаємо кнопку New Fit, в результаті чого відкриється діалогове вікно (рис.5.7) для створення нового рішення. В полі Fit name задамо нове ім'я, наприклад PRIMER1.

Рис.5.7. Діалогове вікно створення нового рішення.

Задамо множину даних для розрахунку, для цього необхідно вибрати позицію PRIMER в списку Data.

Натискаємо кнопку Apply.

Після чого в зоні Results діалогового вікна будуть відображені результати розрахунку (рис.5.8).

Results:		
Distribution:	Normal	
Log likelihood:	-335.05	
Domain:	-Inf < y < Inf	
Mean:	0.188498	
Variance:	48.0922	
Parameter	Estimate	Std. Err.
mu	0.188498	0.693485
sigma	6.93485	0.494088
Estimated covariance of parameter estimates:		
	mu	sigma
mu	0.480922	-1.08412e-18
sigma	-1.08412e-18	0.244123

Рис.5.8. Зона Results діалогового вікна створення нового рішення.

В головному вікні dfittool буде зображена гістограми розподілу значень множини PRIMER з накладеною функцією розподілу щільності ймовірності.

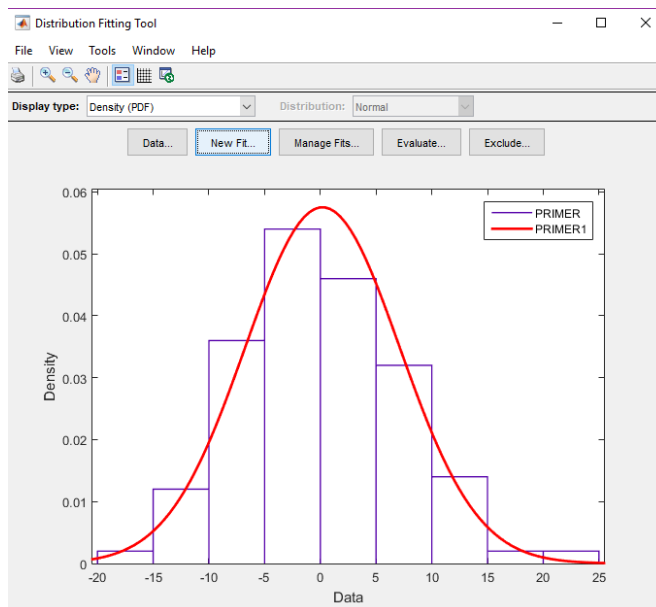


Рис.5.9. Головне вікно dfittool після першого рішення.

Для створення і управління множинами вихідних даних використовується кнопка Data головного вікна dfittool. Після чого відкриється наступне діалогове

вікно (рис.5.10). Для імпорту вихідних даних в впливаючого списку Data оберемо пункт data. В полі Data set name задамо ідентифікатор множини PRIMER2

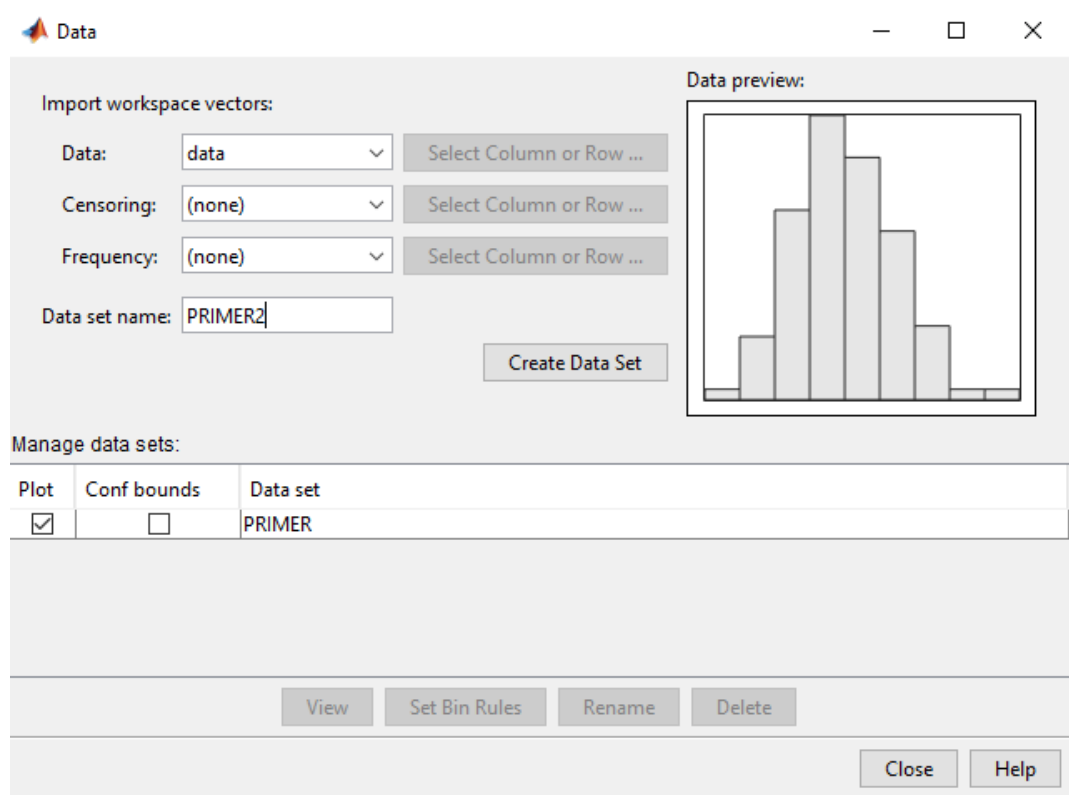


Рис.5.10. Приклад діалогового вікна імпорту і створення множини вихідних даних.

Управління множинами вихідних даних виконується елементами управління Manage data sets:

- Plot – задає відображення графіка в головному вікні dfittool;
- Bounds – використовується для відображення довірчого інтервалу функцій на графіці в головному вікні dfittool;
- Кнопка View – дозволяє відобразити в новому графічному вікні таблицю з обраними в списку Manage data sets множину вихідних даних;
- Кнопка Set Bin Rules – використовується для вибору способу групування вибірки при побудові гістограм;
- Rename – переіменування множини;

- Delete – видалення множини.

Оберемо спосіб групування вибірки при побудові гістограми за допомогою кнопки Set Bin Rules, після чого відкриється наступне графічне вікно:

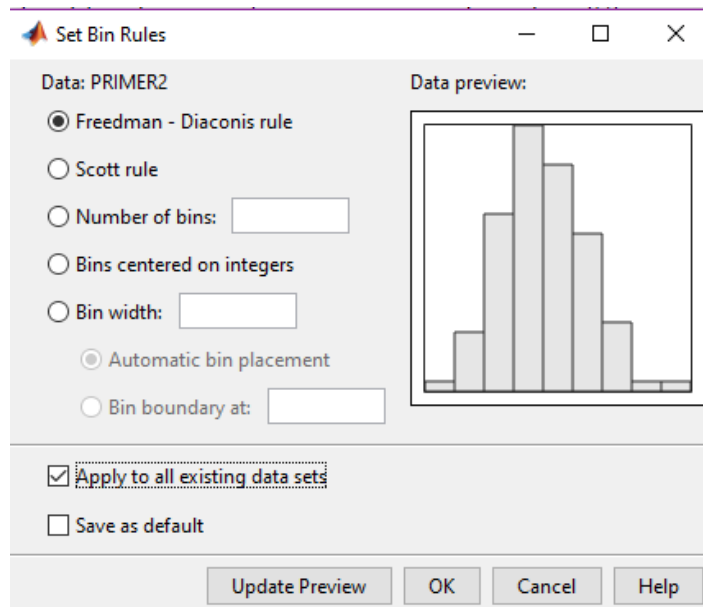


Рис.5.11. Діалогове вікно способу вибору групування.

В даному діалоговому вікні представлені наступні способи групування:

- Freedman-Diaconis rule – правило Фрідома-Дайконіса. Межі інтервалів визначаються автоматично;
- Scott rule – правило Скота. Використовують для вибірок з нормальним розподілом;
- Number of bins – кількість інтервалів групування;
- Bins centered on integers – центральні точки інтервалів групування (задаються рівні цілі числа);
- Bin width – ширина інтервалів групування.

Кнопка Update Preview дозволяє перебудувати гістограму.

Створимо ще одне рішення за допомогою кнопки New Fit головного вікна dffitool. Виконаємо налаштування відповідно до рис.5.12:

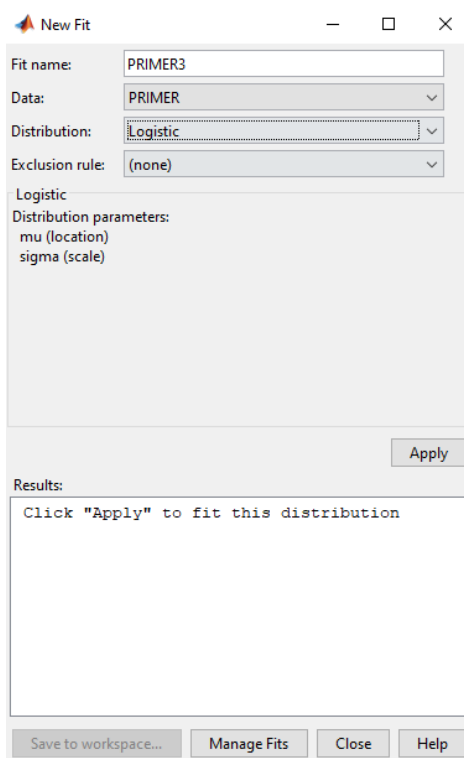


Рис.5.12. Діалогове вікно створення нового рішення.

Список Distribution призначений для вибору закону розподілу.

Натиснемо на кнопку Apply в головному вікні dfittool буде зображений відповідний графік (рис.5.13). Після створення нового рішення зміниться назва діалогу New Fit на Edit Fit.

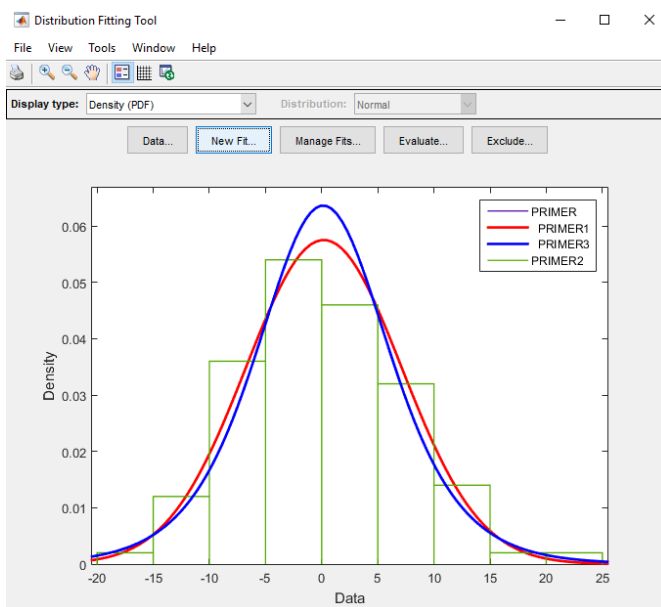
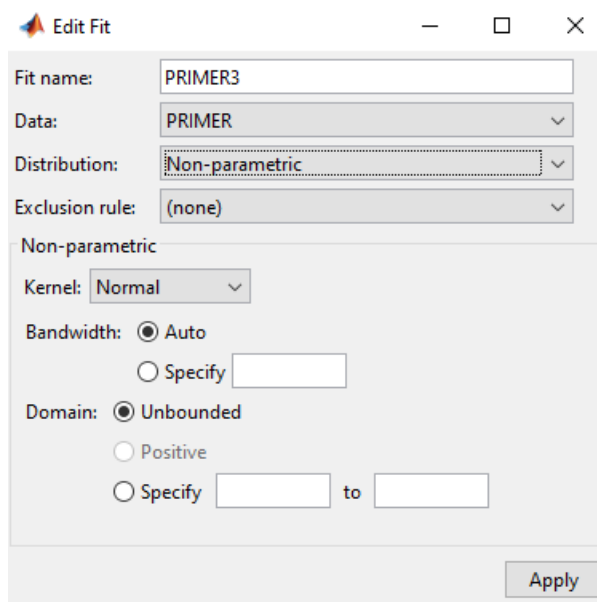


Рис.5.13. Головне вікно dfittool після вибору закону розподілу.

Створимо ще одне рішення, натиснувши на кнопку New Fit, і виконаємо налаштування відповідно до наступного зображення (рис.5.14):



Fit name: PRIMER3

Data: PRIMER

Distribution: Non-parametric

Exclusion rule: (none)

Non-parametric

Kernel: Normal

Bandwidth: ☒ Auto
☐ Specify

Domain: ☒ Unbounded
☐ Positive
☐ Specify to

Apply

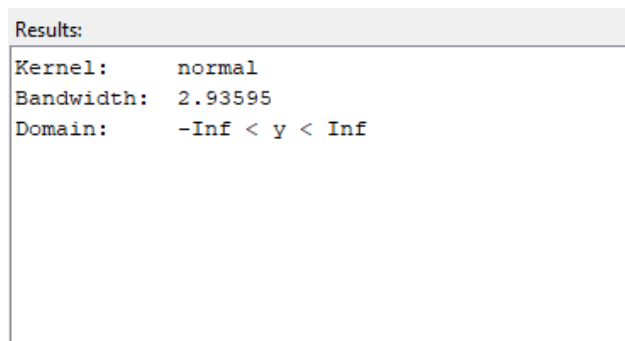
Рис.5.14. Специфікація непараметричного оцінювання.

Kernel – вид базової функції;

Bandwidth – величина інтервалу згладження;

Domain – область визначення значень випадкової величини.

Для отримання результатів натисніть кнопку Apply і в зоні Results будуть представлені результати (рис.5.15).



```
Results:
Kernel:    normal
Bandwidth: 2.93595
Domain:    -Inf < y < Inf
```

Рис.5.15. Результати виконання непараметричного оцінювання.

Тепер натиснемо на клавішу Manage Fits для управління рішеннями, і перед нами з'явиться діалогове вікно (рис.5.16).

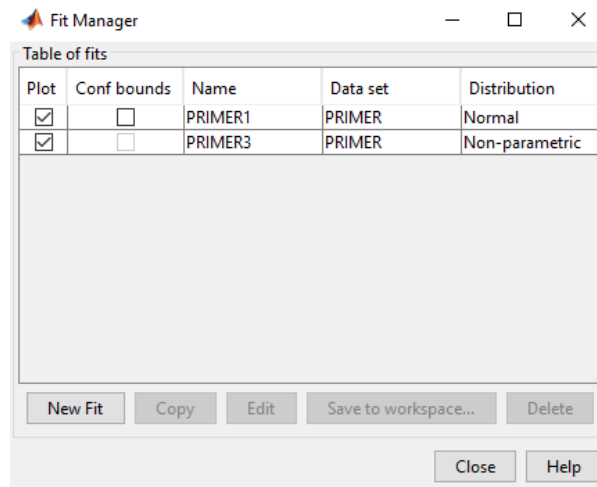


Рис.5.16. Діалогове вікно менеджера рішень.

Список отриманих користувачем рішень відображена як таблиця.

Для розрахунку параметрів закону розподілу і його графічного зображення, необхідно натиснути на кнопку Evaluate в головному вікні dfittool і перед нами відкриється наступне діалогове вікно:

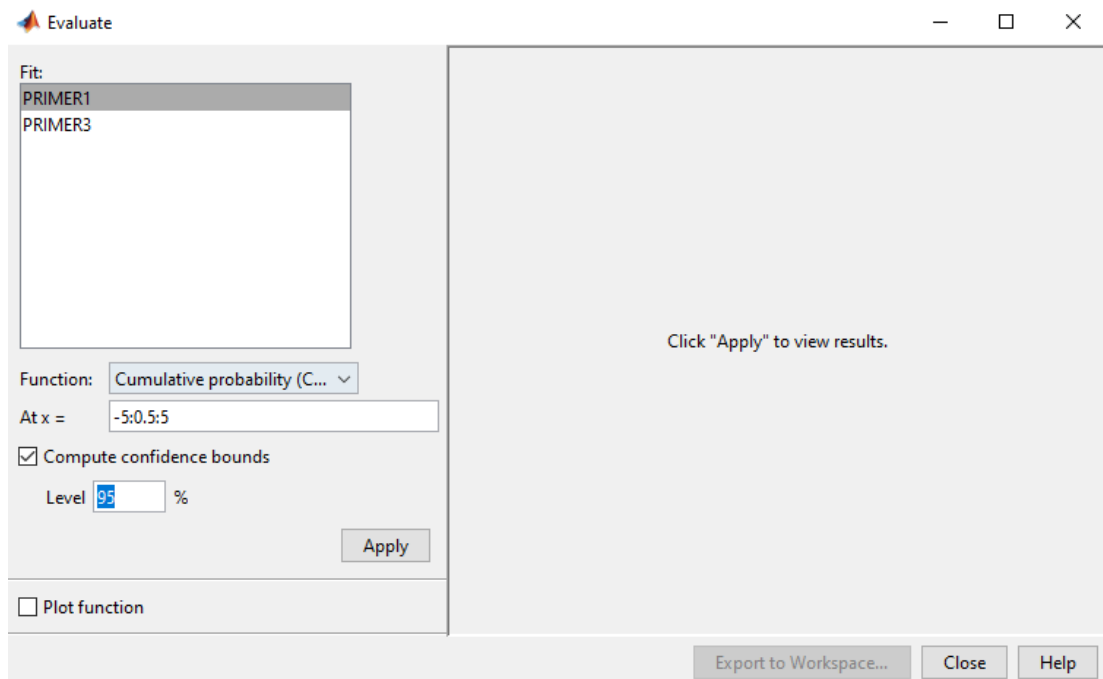


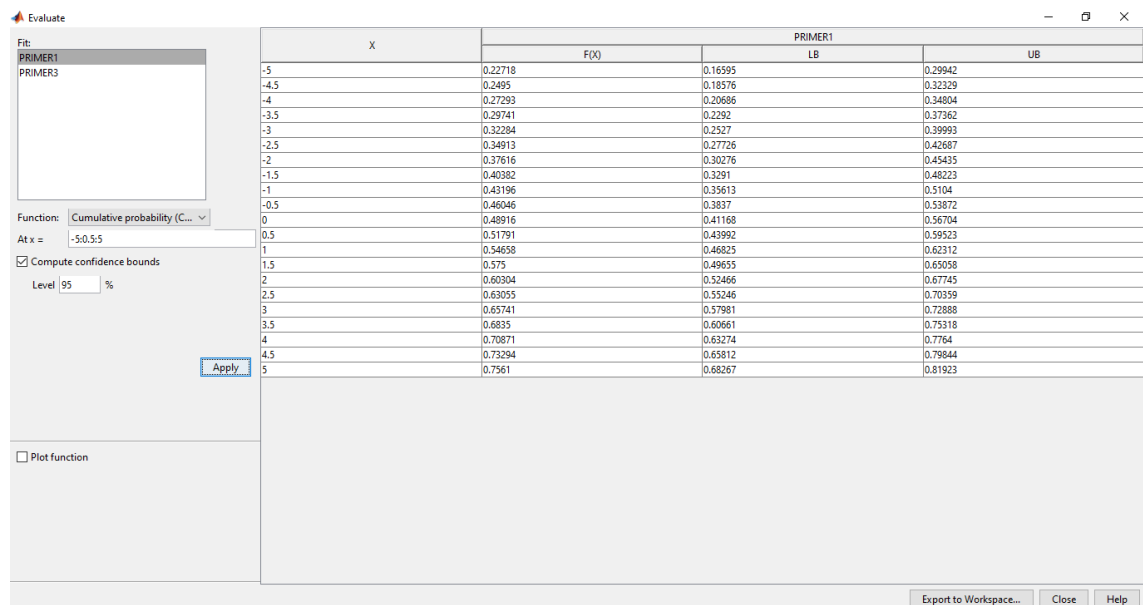
Рис.5.17. Діалогове вікно розрахунку параметрів закону розподілу.

Призначення елементів управління вікна розрахунку параметрів закону розподілу:

- Fit – містить список ідентифікаторів рішень;

- Function – вибір виду функції розподілу;
- At x = - визначення вектора значень випадкової величини для якого будуть розраховані значення функції розподілу Function;
- Compute confidence bounds – розрахунок меж довірчого інтервалу;
- Level – значення довірчої ймовірності;
- Plot function – відображення графіка обраної функції розрахованої в точках At x = в новому графічному вікні.

Кнопка Apply дозволяє використовувати задані параметри до виділеного рішення і виконати розрахунок. Наприклад, на рис.5.18 наведено вигляд вікна Evaluate для розрахунку функції розподілу по відношенню до розглянутого вище рішення PRIMER1 для вектора значень випадкової величини [-5: 0.5: 5].



X	F(X)	PRIMER1	
		LB	UB
-5	0.22718	0.16595	0.29942
-4.5	0.2495	0.18576	0.32329
-4	0.27293	0.20686	0.34804
-3.5	0.29741	0.2292	0.37362
-3	0.32284	0.2527	0.39993
-2.5	0.34913	0.27726	0.42687
-2	0.37616	0.30276	0.45435
-1.5	0.40382	0.3291	0.48223
-1	0.43196	0.35613	0.5104
-0.5	0.46046	0.3837	0.53872
0	0.48916	0.41168	0.56704
0.5	0.51791	0.43992	0.59523
1	0.54658	0.46825	0.62312
1.5	0.575	0.49655	0.65058
2	0.60304	0.52466	0.67745
2.5	0.63055	0.55246	0.70359
3	0.65741	0.57981	0.72888
3.5	0.6835	0.60661	0.75318
4	0.70871	0.63274	0.7764
4.5	0.73294	0.65812	0.79844
5	0.7561	0.68267	0.81923

Рис.5.18. Діалогове вікно розрахунку параметрів закону розподілу і його графічне представлення після розрахунку значень функції розподілу.

Таблиця результатів розрахунку містить наступні параметри:

- X – вектор заданих значень випадкової величини At x =;
- F(X) – розраховані значення функції розподілу;
- LB – нижня межа довірчого проміжку;
- UB – верхня межа довірчого проміжку;

Кнопка Export to Workspace дозволяє зберегти результати як матрицю в середовищі Matlab.

Для розрахунку параметрів закону розподілу і його графічного представлення використовують кнопку Exclude в головному вікні dfittool. Отримані правила виключення вибірових значень використовують у вікні створення нового рішення New Fit. В результаті буде відображено відповідне діалогове вікно (рис.5.19).

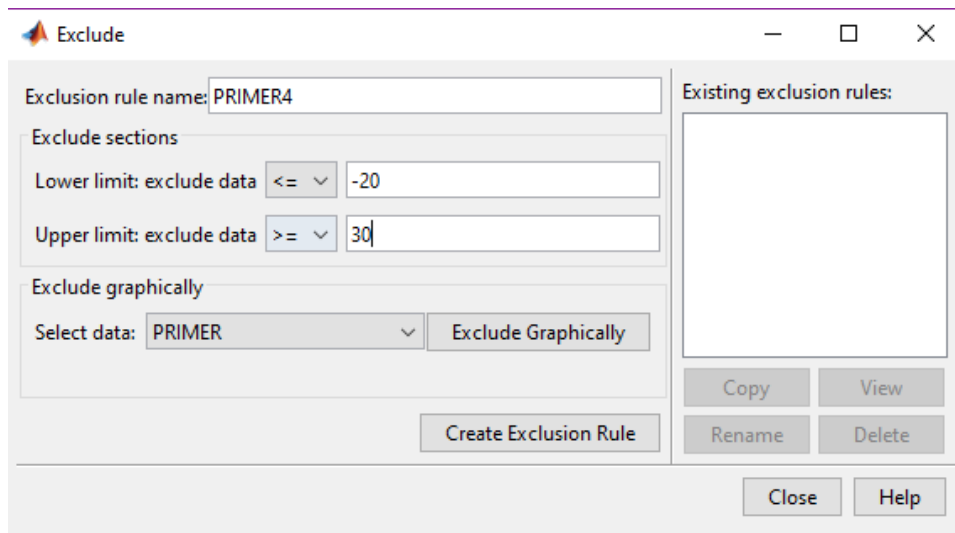


Рис.5.19. Діалогове вікно виключення вибірових значень.

Елементи управління вікна Exclude:

- Exclusion rule name – ідентифікатор умови виключення вибірових даних;
- Exclude sections – нижнє і верхнє обмеження при виключені вибірових даних;

Виключення вибірових значень в графічному режимі виконується за допомогою кнопки Exclude Graphically для обраної множини вихідних даних Select Data. Кнопка Exclude Graphically відображає діалогове вікно виключення вибірових значень в інтерактивному режимі (рис.5.20).

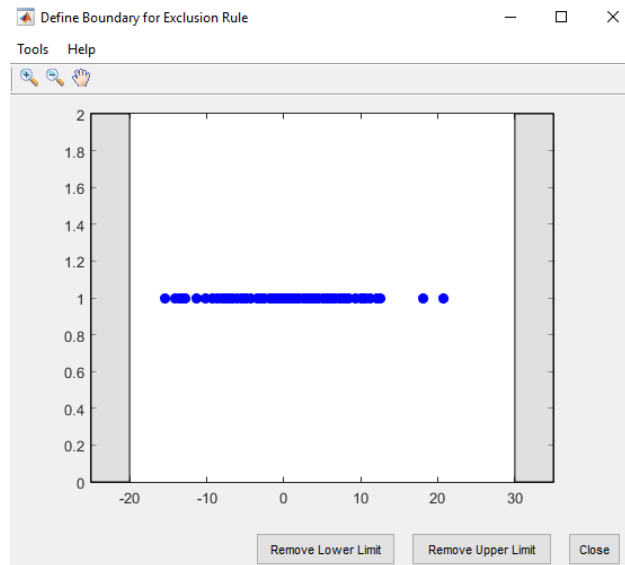


Рис.5.20. Діалогове вікно виключення вибірових значень в інтерактивному режимі.

Кнопки Add Lower Limit, Add Upper Limit використовуються для встановлення в графічному вікні вертикальні лінії, котрі відповідають нижній і верхній граничним межам.

Для створення правила виключення вибірових значень використовується кнопка Create Exclusion Rule. Ідентифікатор отриманого правила буде поміщений в список Existing exclusion rules.

View Exclusion Rule

Exclusion rule: PRIMER4

Data: PRIMER

Excluded sections:

Exclude data ≤ -13.5122

Exclude data ≥ 30

Index	Data	Censoring	Frequency
1	6.48859		
2	-5.43742		
3	1.38064		
4	-3.06725		
5	2.78429		
6	-3.45225		
7	4.07076		
8	5.79161		
9	12.50203		
10	-0.64945		
11	-14.06465		
12	-5.10316		
13	10.0367		
14	-6.70787		
15	7.32058		
16	1.54594		
17	10.60321		
18	-12.84021		
19	-0.67412		
20	-7.64413		
21	20.75526		
22	6.38401		
23	10.20491		
24	-6.61144		
25	-2.54345		
26	-1.19004		
27	8.26913		
28	-1.22732		
29	5.53064		
30	-13.46753		
31	-1.75156		
32	-4.99275		
33	-10.19169		
34	4.19503		
35	2.63569		

Close

Рис.5.21. Графічне вікно вибірових значень.

Для збереження результатів роботи необхідно перейти до головного вікна dfittool, перейти в File >> Save Session. Загрузка результатів File >> Load Session.

Для генерації використовується команда File >> Generate M-file головного вікна dfittool. Згенерована функція дозволяє отримати рішення відповідне поточному в головному вікні dfittool для нових даних в новому графічному вікні Matlab.

Для розглянутого вище прикладу був згенерований файл m-функції PRIMER5.m. Приклад виклику PRIMER5.m для вихідної вибірки:

```
data = normrnd(0.69, 6.9, 100, 1);  
PRIMER5(data)
```

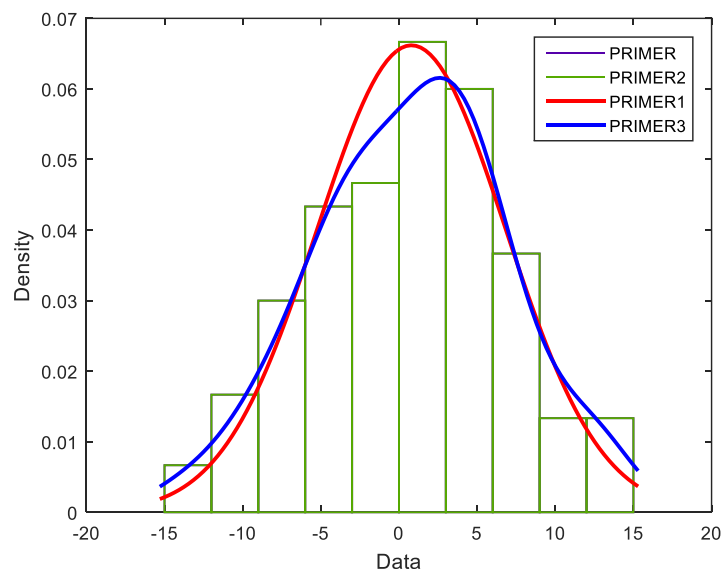


Рис.5.22. Графічне вікно з результатами роботи PRIMER5.m для вихідної вибірки.

Завдання до виконання комп'ютерного практикуму

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями.
2. Відповідно до Прикладу 1, необхідно сформулювати ієрархічне дерево кластерів, для двомірної випадкової величини, певним методом, та

графічно представити результати кластеризації. Варіанти завдань знаходяться в табл. 5.1. (варіант завдання задається викладачем)

3. Відповідно до Прикладу 2, необхідно згенерувати вектор випадкових чисел, розподілених по нормальному закону з математичним очікуванням і середнім квадратичним відхиленням та об'ємом вибірки рівним 100 елементам. Варіанти завдань знаходяться в табл. 5.2. (варіант завдання задається викладачем)
4. Відповісти на контрольні запитання.
5. Оформити звіт.

Таблиця 5.1. Варіанти завдань.

№	Випадкова величина x	Метод	№	Випадкова величина x	Метод
1	[4 3; 9 2; 3 4; 2 8; 5 1];	Single	11	[4 3; 9 2; 3 4; 2 8; 5 1];	Complete
2	[3 2; 8 2; 5 6; 3 8; 3 2];	Complete	12	[3 2; 8 2; 5 6; 3 8; 3 2];	Single
3	[5 3; 1 2; 2 7; 2 4; 4 3];	Centroid	13	[5 3; 1 2; 2 7; 2 4; 4 3];	Complete
4	[2 2; 2 2; 1 4; 3 5; 5 4];	Average	14	[2 2; 2 2; 1 4; 3 5; 5 4];	Ward
5	[7 2; 7 2; 6 7; 1 7; 7 5];	Ward	15	[7 2; 7 2; 6 7; 1 7; 7 5];	Average
6	[3 2; 6 2; 8 3; 3 5; 8 6];	Complete	16	[3 2; 6 2; 8 3; 3 5; 8 6];	Centroid
7	[1 6; 3 2; 5 4; 5 4; 3 7];	Centroid	17	[1 6; 3 2; 5 4; 5 4; 3 7];	Single
8	[9 7; 4 2; 3 1; 5 7; 2 8];	Ward	18	[9 7; 4 2; 3 1; 5 7; 2 8];	Complete
9	[2 4; 5 2; 3 2; 6 8; 3 9];	Complete	19	[2 4; 5 2; 3 2; 6 8; 3 9];	Centroid
10	[1 3; 4 2; 3 7; 3 5; 1 9];	Centroid	20	[1 3; 4 2; 3 7; 3 5; 1 9];	Average

Таблиця 5.2. Варіанти завдань.

№	Математичне очікування	Середнє квадратичне відхилення	№	Математичне очікування	Середнє квадратичне відхилення
1	0.3	5.6	11	0.7	9.1
2	0.23	3.5	12	0.65	8.3
3	0.4	5.2	13	0.53	3.8
4	0.65	4.3	14	0.23	5
5	0.6	9.1	15	0.67	2.5
6	0.2	8.3	16	0.34	4.8
7	0.4	3.8	17	0.24	5.6
8	0.2	6	18	0.27	3.5
9	0.69	2.5	19	0.82	5.2
10	0.5	4.8	20	0.5	4.3

Контрольні запитання:

1. Що таке кластер?
2. Що таке кластеризація?
3. Що таке Statistics Toolbox?
4. За допомогою яких функцій можна задати Statistics Toolbox?
5. Які є основні задачі інтерактивного розподілу вибірки?

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ 6

ДОСЛІДЖЕННЯ OPTIMIZATION TOOLBOX СИСТЕМИ MATLAB

Мета роботи

Вивчити основи та ознайомитися зі складом та можливостями роботи з оптимізацією за допомогою пакету Optimization Toolbox середовища Matlab. Ознайомитися з функціями оптимізації та з графічним середовищем Optimization Tool.

Теоретичні відомості

Оптимізація - зміна системи для підвищення її ефективності. Система може бути однією комп'ютерною програмою, цифровим пристроєм, набором комп'ютерів або навіть цілою мережею, таких як Інтернет [25].

Мета оптимізації полягає в тому, щоб отримати оптимальну систему, але дійсно оптимальна система не завжди досягається в процесі оптимізації. Оптимізована система зазвичай оптимальна для одного завдання або групи користувачів: деє може бути важливіше скоротити час, необхідний програмі для виконання роботи, навіть за рахунок споживання більшої кількості пам'яті. в додатках, де пам'ять важливіше, можуть бути обрані більш повільні алгоритми з меншими вимогами до пам'яті [26].

Пакет Optimization Toolbox – це бібліотека функцій, які розширюють можливості середовища Matlab по числовим розрахункам. Також призначений для вирішення задач оптимізації і систем нелінійних рівнянь. Цей пакет підтримує основні методи оптимізації функції ряду змінних [27]:

- Безумовна оптимізація нелінійних функцій;
- Метод найменших квадратів;
- Рішення нелінійних рівнянь;
- Лінійне програмування;

- Квадратичне програмування;
- Мінімізація нелінійних функцій з умовою;
- Методи мінімакса;
- Оптимізація по багатьом критеріям.

Задача параметричної оптимізації – це задача знаходження набору параметрів $x = \{x_1, x_1, \dots, x_n\}$, що є оптимальною в сенсі деякого критерію. Зазвичай така задача зводиться до мінімізації або максимізації певної функції без ніяких обмежень. В більш складних ситуаціях можуть бути накладені обмеження у вигляді рівності $g_i(x) = 0$ ($i = 1, 2, \dots, m$), нерівності $g_i(x) \leq 0$ ($i = m+1, \dots, m$) або параметричних меж x_L, x_U [27].

Алгоритми безумовної оптимізації, умовно, поділяються на дві групи: алгоритми, які ґрунтуються на використанні похідних функції мінімізації, і алгоритми, які використовують тільки значення функції [27].

Ньютонівські алгоритми безпосередньо обчислюють N і рухаються в напрямку зменшення цільової функції, обчисленої на наступній ітерації, до досягнення мінімуму. У квазіньютонівських алгоритмах таке обчислення не виконується і використовується N -підхід.

Алгоритми Ньютона-Гауса і Левенберга-Маркварлта використовують для вирішення задачі нелінійного методу найменших квадратів (МНК).

Мінімізація при наявності обмежень виконується наступним чином, виконується заміна початкової задачі з обмеженнями на задачу без обмежень.

Алгоритми великої розмірності засновані на ідеї довірчої області N поблизу деякої точки x , в якій розглядається цільова функція $f(x)$, що може бути нормально апроксимованою більш простою функцією $q(s)$ [27].

Можливості Toolbox

Функції пакету Optimization Toolbox розділені на п'ять груп: функції мінімізації, рішення рівняння, найменших квадратів, утиліти і демонстраційні [28].

Основні функції пакету Optimization Toolbox [27]:

- *Fgoalattain* – використовується для вирішення задач векторної оптимізації методом досягнення цілей;
- *Fminbnd* – функція скалярної нелінійної мінімізації з обмеженнями вигляду $x_1 < x < x_2$. Алгоритм базується на методі золотого перетину і квадратичної інтерполяції;
- *Fmincon* – функція пошуку мінімуму скалярної функції;
- *Fminimax* – функція вирішення мінімаксних задач;
- *Fmlnsearch* – функція, яка дозволяє знайти мінімум функції декількох змінних без обмежень;
- *Fminunc* – функція, яка дозволяє знайти мінімум функції декількох змінних без обмежень і з більшим числом представлень;
- *Fseminf* – функція, що призначена для знаходження вирішення задач напівнескінченої мінімізації з обмеженнями;
- *Linprog* – забезпечує вирішення задач лінійного програмування;
- *Quadprog* – використовується для вирішення задач квадратичного програмування;
- *Mldivide* – використовується для вирішення систем лінійних рівнянь;
- *Fsolve* – повертає рішення системи нелінійних рівнянь;
- *Fzero* – використовується для пошуку нулів функції.

Також є можливість вирішення задачі за допомогою графічного інтерфейсу Optimization Tool, що викликається за допомогою команди `>> optimtool`

Після чого відкривається графічне вікно (рис.6.1):

Problem Setup and Results

Solver:

Algorithm:

Problem

Objective function:

Derivatives:

Start point:

Constraints

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: Upper:

Nonlinear constraint function:

Derivatives:

Run solver and view results

Current iteration:

Final point:

Рис.6.1. Головне графічне вікно Optimization Toolbox.

В графічному вікні розміщені наступні параметри:

- Solver – вибір методу оптимізації;
- Algorithm – тип оптимізації;
- Start point – початкові значення;
- Linear inequalities – запис матриці для обмеження нерівностей;
- Linear equalities - запис матриці для обмеження рівностей;
- Bounds – межі;
- Final point - результати.

Приклади виконання роботи

Приклад 1

1. Знайти точку мінімуму функції $\cos(x)$ в інтервалі $(0, 2\pi)$, за допомогою функції *fminbnd*.

```
x = fminbnd('cos',0,2*pi)
```

В результаті отримаємо:

$x = 3.1416$

2. Знайти мінімум функції одного аргументу $f(x) = \cos(x) + 2$

```
f = inline('cos(x)+2');
```

```
x = fminsearch(f,2)
```

В результаті отримаємо:

$x = 3.1416$

Приклад 2

1. Знайти мінімум функції при заданих параметрах:

$$f(x) = -3x_1 - 4x_2 - 7x_3$$

при умові що:

$$3x_1 - 2x_2 + 7x_3 \leq 13;$$

$$x_1 + 3x_2 + 5x_3 \leq 23;$$

$$7x_1 - 4x_2 - 2x_3 \leq 50;$$

$$0 \leq x_1, 0 \leq x_2, 0 \leq x_3;$$

Для цього необхідно в командному вікні ввести команду:

```
>> optimtool
```

Після чого з'явиться графічне вікно (рис.6.2), де ми підставляємо значення параметрів:

Problem Setup and Results

Solver: linprog - Linear programming

Algorithm: Simplex

Problem

f: [-3; -4; -7]

Constraints:

Linear inequalities: A: [3 -2 7; 1 3 5; 7 -4 -2] b: [13; 23; 50]

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: zeros(3,1) Upper: Inf

Start point:

☒ Let algorithm choose point

☐ Specify point:

Run solver and view results

Start Pause Stop

Current iteration: 3 Clear Results

Optimization running.
Objective function value: -43.54545454545455
Optimization terminated.

Final point:

Index	Value
3	0
2	5,091
1	7,727

Рис.6.2. Загальний вигляд інтерфейсу із заданими параметрами.

В зоні Final point знаходяться результати виконання заданої функції.

2. Знайти мінімум виразу $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2$ при обмеженнях:

$$5x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 16;$$

$$0 \leq x_1, 0 \leq x_2, 0 \leq x_3;$$

Задаємо параметри (рис.6.3):

Problem Setup and Results

Solver: lsqlin - Constrained linear least squares

Algorithm: Active set

Problem

C: eye(3) d: zeros(3,1)

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: [5 2 3] beq: [16]

Bounds: Lower: zeros(3,1) Upper:

Start point:

☒ Let algorithm choose point

☐ Specify point:

Run solver and view results

Start Pause Stop

Current iteration: 1 Clear Results

Optimization running.
Objective function value: 6.736842105263156
Optimization terminated.

Final point:

Index	Value
1	2,105
2	0,842
3	1,263

Рис.6.3. Загальний вигляд інтерфейсу із заданими параметрами. В зоні Final point знаходяться результати виконання заданої функції.

Завдання до виконання комп'ютерного практикуму

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями.
2. Відповідно до Прикладу 1 знайти мінімум функції, відповідно до варіанту згідно табл.6.1. (варіант завдання задається викладачем).
3. Знайти мінімум виразу при обмеженнях, відповідно до варіанту згідно табл.6.2. (варіант завдання задається викладачем).
4. Відповісти на контрольні запитання.
5. Оформити звіт.

Таблиця 6.1. Варіанти завдань.

№	Аргумент	Функція	№	Аргумент	Функція
1	$\sin(x) + 2$	fminsearch	11	$\cos(x) + 2$	fminsearch
2	$\cos(x), (-\pi, 2\pi)$	fminbnd	12	$\cos(x), (-\pi, \pi)$	fminbnd
3	$\cos(x) + 2$	fminsearch	13	$\sin(x) + 2$	fminsearch
4	$\sin(x), (-\pi, \pi)$	fminbnd	14	$\cos(x), (0, 2\pi)$	fminbnd
5	$\sin(x) + 2$	fminsearch	15	$\cos(x)$	fminsearch
6	$\cos(x), (-4\pi, 2\pi)$	fminbnd	16	$\cos(x), (-2\pi, \pi)$	fminbnd
7	$\cos(x) + 2$	fminsearch	17	$\sin(x) + 4$	fminsearch
8	$\sin(x), (0, 2\pi)$	fminbnd	18	$\cos(x), (0, 2\pi)$	fminbnd
9	$\cos(x) + 2$	fminsearch	19	$\cos(x) + 6$	fminsearch
10	$\cos(x), (0, 2\pi)$	fminbnd	20	$\cos(x), (0, 2\pi)$	fminbnd

Таблиця 6.2. Варіанти завдань.

№	Вираз	№	Вираз
1	$x_1 + 3x_2 + 3x_3 \leq 23$	11	$6x_1 + 4x_2 + 3x_3 \leq 12$
2	$2x_1 + 2x_2 + 4x_3 \leq 43$	12	$7x_1 + 7x_2 + 9x_3 \leq 24$
3	$4x_1 + 5x_2 + 5x_3 \leq 6$	13	$5x_1 + 4x_2 + 8x_3 \leq 14$
4	$6x_1 + 3x_2 + 2x_3 \leq 25$	14	$3x_1 + 8x_2 + 4x_3 \leq 15$
5	$8x_1 + 4x_2 + 8x_3 \leq 17$	15	$7x_1 + 2x_2 + 3x_3 \leq 16$
6	$3x_1 + 7x_2 + 5x_3 \leq 11$	16	$5x_1 + 3x_2 + 7x_3 \leq 19$
7	$5x_1 + 4x_2 + 9x_3 \leq 13$	17	$5x_1 + 8x_2 + 3x_3 \leq 23$
8	$7x_1 + 9x_2 + 4x_3 \leq 6$	18	$3x_1 + 5x_2 + 4x_3 \leq 14$
9	$6x_1 + 2x_2 + 9x_3 \leq 16$	19	$5x_1 + 6x_2 + 6x_3 \leq 43$
10	$9x_1 + 7x_2 + 3x_3 \leq 14$	20	$2x_1 + 7x_2 + 4x_3 \leq 16$

Контрольні запитання:

1. Що таке оптимізація?
2. В чому полягає мета оптимізації?
3. Дайте коротку характеристику пакету Optimization Toolbox.
4. Які функції використовуються в Optimization Toolbox?
5. Які методи оптимізації є в пакеті Optimization Toolbox?

ВИСНОВОК

Головною метою дипломної роботи була розробка методичного та алгоритмічного забезпечення до комп'ютерних практикумів. Для вирішення поставленого завдання був проведений аналітичний огляд існуючих праць, та сучасних методів вирішення певних типів задач за допомогою програмних засобів середовища Matlab.

В першому комп'ютерному практикумі було розглянуто та описано пакет Control System Toolbox, який застосовується для вирішення задач систем автоматичного управління. Були реалізовані різні функції для розрахунку імпульсної та перехідної характеристик, розрахунок передатних функцій типових з'єднань, побудова динамічних і частотних характеристик за допомогою функцій та спеціального графічного середовища LTI-Viewer. Також було розроблено завдання до виконання комп'ютерного практикуму.

В другому комп'ютерному практикумі було розглянуто пакет Signal Processing Toolbox. За допомогою цього пакету є можливість створення різних програм для обробки сигналу. В даному пакеті можна використовувати різні методи фільтрації. Було наведено приклад отримання сигналу за допомогою функцій, а також генерація та проектування фільтру сигналу з використанням графічного середовища Filter Design & Analysis. Також було розроблено завдання до виконання комп'ютерного практикуму.

В третьому комп'ютерному практикумі було розглянуто пакет Fuzzy Logic Toolbox, який використовується для вирішення задач нечіткої логіки. Було розглянуто редактор систем нечіткого виводу Fuzzy Inference System в якому моделювалося завдання. Також було розглянуто функції приналежності і способи їх побудови. Наведені приклади кожної задачі. І розроблено завдання до виконання комп'ютерного практикуму.

В четвертому комп'ютерному практикумі було розглянуто пакет Spline Toolbox за допомогою якого виконується побудова сплайнів, апроксимація та

інтерполяція даних. Виконувалась візуалізація сплайнів за допомогою функцій та додатку Spline Tool. А також розроблено завдання до виконання комп'ютерного практикуму.

В п'ятому комп'ютерному практикумі було розглянуто пакет Statistics Toolbox, в якому знаходиться широкий спектр алгоритмів та інструментів для статистичних інформаційних технологій та для організації, аналізу та моделювання даних. Statistics Toolbox має багато різних способів дослідження даних, таких як статистичні графіки, алгоритми кластерного аналізу, описова статистика для великих наборів даних. Були виконані завдання за допомогою функцій та проводився аналіз розподілу вибірки за допомогою графічного інтерфейсу. Були розроблені завдання до виконання комп'ютерного практикуму.

В шостому комп'ютерному практикумі було розглянуто пакет Optimization Toolbox, котрий використовується для вирішення задач оптимізації і систем нелінійних рівнянь. В даному пакеті реалізовані такі методи оптимізації як безумовна оптимізація нелінійних функцій, метод найменших квадратів, рішення нелінійних рівнянь, лінійне програмування, квадратичне програмування, мінімізація нелінійних функцій з умовою, методи мінімакса, оптимізація по багатьом критеріям. Були наведені приклади оптимізації за допомогою функцій та графічного середовища Optimization Tool. А також розроблено завдання до виконання комп'ютерного практикуму.

Даний практикум являється легким для розуміння, в ньому описані основні моменти, необхідні для початку роботи з Toolbox. Для більш кращого розуміння були наведені приклади, і для закріплення матеріалу були розроблені індивідуальні завдання.

Отже, в результаті виконання даної дипломної роботи можна зробити висновок, що в наш час використання автоматизованих технологій набуває популярності, тому розроблений практикум допоможе ознайомитися з основами роботи деяких Toolbox та використати їх на практиці.

Список літератури

1. Передатна функція. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/6385829/page:5/>
2. Виды соединений звеньев в САУ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mc-plc.ru/lekci-po-tau/vidi-soedineniya-zvenev-v-sau.htm>
3. Переходная характеристика. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://autoworks.com.ua/teoreticheskie-svedeniya/perexodnaya-karakteristika/>
4. Логарифмические частотные характеристики динамических звеньев. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://drive.ispu.ru/elib/lebedev/9.html>
5. Способи з'єднання ланок та їх еквівалентні передаточні функції. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5197714/page:3/>
6. Что такое частота дискретизации и разрядность кодека. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://faqhard.ru/base/10/05.php>
7. Рекурсивні фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://helpiks.org/2-91524.html>
8. Фильтр нижних частот. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://audioakustika.ru/node/1450>
9. Фильтр верхних частот. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://audioakustika.ru/node/1451>
10. Signal Processing Toolbox. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://matlab.ru/products/signal-processing-toolbox>
11. Fuzzy Logic Toolbox. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1_7.php
12. Нечеткие множества. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://neuronus.com/theory/fl/312-nechetkie-mnozhestva.html>
13. Функция принадлежности. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/6826408/>

14. Fuzzy Logic Toolbox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/fuzzy-logic.html>
15. Fuzzy Logic Toolbox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book2/1/trimf.php>
16. Сплайны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cda.psych.uiuc.edu/matlab_pdf/splines.pdf
17. Interpolation Techniques. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/dochelp/StatTutorial/Interpolation/index.html>
18. Spline Toolbox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/spline/book1/1.php>
19. ОБЗОР ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ И КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2009/02/2009-02-05.pdf>
20. Information theory, inference and learning algorithms. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inference.org.uk/mackay/itila/>
21. Statistics Toolbox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://matlab.ru/products/statistics-toolbox/statistics-toolbox-rus_web.pdf
22. Statistics Toolbox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/statist/index.php>
23. Задача ієрархічного кластерного аналізу. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dwl.kiev.ua/art/mmdo/mmdo-pid.pdf>
24. Statistics Toolbox. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://matlab.ru/products/statistics-toolbox>
25. Architectures Optimization Reference Manual. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://software.intel.com/sites/default/files/managed/9e/bc/64-ia-32-architectures-optimization-manual.pdf>
26. Оптимизация (информатика) . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптимизация_\(информатика\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптимизация_(информатика))

27. Изучение пакета Optimization Toolbox системы MATLAB 6.5 и его применения для решения задач оптимизации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/383/478.php>
28. Графічний інтерфейс користувача (Optimization Tool) . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dwl.kiev.ua/art/mmddo/mmddo-pid.pdf>



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный
технический университет



ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ
ФАКУЛЬТЕТ

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

*Материалы
12-й Международной научно-технической
конференции молодых ученых и студентов
(17–19 апреля 2019 г.)*



Минск
БНТУ
2019

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

<i>Алисиевич А. А., Ломтев А. А.</i> Привод управления видеокамерой	3
<i>Кобзарь В. В.</i> Роль промышленных манипуляторов в четвертой промышленной революции	4
<i>Котлицкий В. В., Терещенко Н. Ф.</i> Влияние ультразвуковых колебаний на функциональное состояние кожи	5
<i>Афзель С. С., Пивторак Д. А.</i> Сравнительный анализ датчиков движения, применяемых в охранных системах	6
<i>Березанская М. А., Пивторак Д. А.</i> Применение библиотек Toolbox для решения инженерных задач	7
<i>Беспалая М. А., Тихоновец Е. С., Тявловский К. Л.</i> Двухканальный вольтметр	8
<i>Казаков Е. В., Ломтев А. А.</i> Универсальный цифровой спидометр	9
<i>Вершинин М. Н., Юран С. И.</i> Сравнительный анализ применения алгоритмов нечеткой логики и ПИД-регулирования при управлении микроклиматом в зернохранилище	10
<i>Волошко Д. В., Тявловский К. Л.</i> Термометр-термостат	11
<i>Габец В. А., Кондратьева Н. К., Василевский А. Г.</i> Источник резервного питания пкп систем безопасности на основе ИМС L200C	12
<i>Гаврош А. О., Тявловский К. Л.</i> Люксметр	13
<i>Гаврош А. О., Савёлов И. Н.</i> Многофункциональный люксметр	14
<i>Гладкий А. В., Ломтев А. А.</i> Разработка фотоплетизмографа	15
<i>Голубев А. А., Кривицкий П. Г., Исаев А. В.</i> Модуль контроля и согласования сигналов комбинированного считывателя СКУД	16
<i>Григорьев А. С., Павловский А. М.</i> Использование GPS-трекеров для построения сети подвижных объектов	17
<i>Грузинская А. Т., Терещенко Н. Ф.</i> Дифференциальный электрокардиографический метод диагностики состояния сердца	18
<i>Жилкин И. А., Кухарев И. А., Исаев А. В.</i> Шифрование в системах безопасности	19
<i>Тихоновец Е. С., Савёлов И. Н.</i> Портативный двухканальный осциллограф	20

преднамеренного воздействия на контролируемую зону механическими или электромагнитными волнами (радио, ультразвуковыми, оптическими). Пассивные датчики основаны на регистрации изменения параметров среды, вызванных движением объектов в пределах контролируемой зоны (емкостные, индуктивные, барометрические, оптические без дополнительной подсветки).

В охранных системах используются следующие виды датчиков: инфракрасные, ультразвуковые, радиоволновые и комбинированные.

В работе показано, что наиболее часто используемым видом в жилых помещениях являются инфракрасные и ультразвуковые датчики. Инфракрасные — имеют невысокую стоимость, не вредны для здоровья, возможность точной регулировки работы и угла обнаружения объектов. Из недостатков возможны ложные срабатывания, низкая точность работы на улице, небольшой диапазон рабочих температур, не оказывает влияния на объекты, покрытые материалами, которые не пропускают излучение. В свою очередь, ультразвуковые датчики имеют небольшую стоимость, работают в любой среде, определяют движение объекта независимо от материала. К недостаткам можно отнести небольшой радиус действий, может вызывать дискомфорт у домашних животных.

Для помещений большой площади чаще всего используются датчики радиоволнового и комбинированного типа. Они имеют высокую точность срабатывания и способность обнаруживать объекты сквозь преграды и могут иметь несколько зон обнаружения. Из недостатков таких датчиков — высокая стоимость, радиоизлучения вредны для здоровья.

УДК 681.200

ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕК TOOLBOX ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Студент гр. ПГ-пб1 Березанская М. А.

Кандидат техн. наук Пивторак Д. А.

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

Toolbox является одним из основных средств профессионального расширения систем, а также её адаптации для решения определенных типов задач в математике, науке и технике.

Toolbox является специальным набором инструментов, который расширяет функциональность MATLAB. Инструменты состоят из коллекций функций и объектов, решающие задачи определенного класса.

Использование Toolbox значительно упрощает работу пользователя при разработке определенных классов задач, так как ему не нужно каждый раз

прописывать алгоритм вычисления потому, что для этого существуют уже готовый пакет инструментов.

В работе был проведен обзор библиотек Toolbox, показывающий, что они используются во многих областях. В работе описаны области применения библиотек Toolbox. В обработке сигналов и изображений используются Signal Processing Toolbox (проведение фильтрации и преобразования), Image Processing Toolbox (манипуляция изображениями), Wavelet Toolbox (сжатие и фильтрация без потери качества). В моделировании и проектировании систем управления используются Control System Toolbox (различные манипуляции с системами автоматического управления), Robust Control Toolbox (работа с устойчивыми системами), System Identification Toolbox (сформирование математических шаблонов динамических систем). В символьных вычислениях используется библиотека Symbolic Math Toolbox, которая предоставляет возможность решать задачи в аналитическом виде. В визуализации и представлении данных используется Virtual Reality Toolbox, позволяющий осуществить трехмерную анимацию. Для осуществления обмена информацией с разными базами данных через драйверы используют библиотеку Database Toolbox. А также, в разработке и визуализации нейронных сетей используют Neural Network Toolbox.

В работе были рассмотрены особенности каждого Toolbox и приведены примеры работы различных библиотек в разных областях. Наиболее распространенными областями использования библиотек Toolbox являются обработка сигналов, моделирование и проектирование систем управления.

УДК 621.3.084.87

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ВОЛЬТМЕТР

Студенты гр.11312115 Беспалая М. А., Тихоновец Е. С.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Тявловский К. Л.

Белорусский национальный технический университет

Двухканальные вольтметры в настоящее время широко используются в лабораторных условиях в качестве измерителей напряжений лабораторных блоков питания при их наладке, проверке, и эксплуатации. Область использования: промышленные предприятия, организации, лаборатории, где необходим контроль за аппаратурой.

Целью работы является разработка двухканального вольтметра на базе микроконтроллера, оптимизировать программу для микроконтроллера.

Двухканальный вольтметр позволяет измерять напряжение по двум каналам в диапазонах 5 до 24 В, с поочерёдным выводом информации на верхнюю и нижнюю строку двухстрочного ЖК индикатора. Фиксация значений



З М І С Т

СЕКЦІЯ 1. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ І КЕРУВАННЯ.

<i>С.С. Афзель, студентка гр. ПП-61</i> РОЗРОБКА КОМБІНОВАНОГО ДАТЧИКА РУХУ ОБ'ЄКТІВ	- 16 -
<i>І. М. Голубенко, студент гр. ПП-61, к.т.н., доц. Лакоза С.Л.</i> ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ДЕЛЬТА-РОБОТІВ	- 20 -
<i>М.О. Березанська, студентка гр. ПП-61</i> ОГЛЯД CONTROL SYSTEM TOOLBOX ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ	- 24 -
<i>О.Ю. Мараховська, студентка гр. ПП-71мп</i> ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СОНЯЧНИХ ДАТЧИКІВ	- 27 -
<i>Д.С. Музика, студент гр. ПП-71, к.т.н., доцент Півторах Д.О.</i> ЕТАПИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ	- 31 -
<i>О.М. Палій, студент гр. ПП-81мп, к.т.н., доц. Мироненко Л. С.</i> ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК СЕЙСМІЧНИХ РЕГІСТРАТОРІВ	- 35 -
<i>Ю.О. Пархоменко, студент гр. ПП-51</i> ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАГНІТНОГО ПІДВІСУ	- 38 -
<i>І.М. Платов, студент гр. ПП-71, к.т.н., доц. О.М. Павловський</i> ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ РОБОТИ ФУНКЦІЙ ЧИСЕЛЬНОГО ІНТЕГРУВАННЯ НА МІКРОКОНТРОЛЕРАХ STM32F303VCT6, ATMEGA328P	- 42 -
<i>Г.Ю. Строкач, студент гр. ПП-61, асистент Савезін О.М.</i> КУТОМІР НА ОСНОВІ АКСЕЛЕРОМЕТРУ ADXL-335	- 46 -

СЕКЦІЯ 2. ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

<i>V.A. Antonenko, Professor V.M. Borovytsky</i> CLASSIFICATION OF KNOWN BIOLOGICALLY-INSPIRED VISION SYSTEMS ..	- 50 -
<i>Ivan Antoniuk, student of group PO-82mp</i> USING OF SPECTRAL IMAGING IN FOOD QUALITY INSPECTION	- 54 -
<i>Avdieionok I., student; Borovytsky V., professor, DrSc</i> COMPACT INSTRUMENT FOR MTF MEASUREMENTS	- 57 -
<i>Averin D., student; Borovytsky V., professor, DrSc</i> NAVIGTAION SYSTEMS	- 60 -
<i>V.A Bortnik, student gr. PO-81mp, prof. Borovytsky V.M.</i> USING CORRELATION FILTERS TO SUPPORT THE UAV	- 64 -
<i>O.Hudz, student of "ПО-71мп" group, prof. V. Borovytsky.</i> THE ROLE OF COHERENCE IN IMAGE FORMATION	- 67 -

ОГЛЯД CONTROL SYSTEM TOOLBOX ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ

Анотація. В роботі був проведений огляд Control System Toolbox, який показав, що він використовується для вирішення задач аналізу та синтезу лінійних систем автоматичного управління. Представлені області та особливості застосування Control System Toolbox. Також був проведений опис вимірювальних об'єктів даного пакету.

Ключові слова. Toolbox, системи автоматичного управління, передавальна функція, амплітудно-фазові частотні характеристики.

ВСТУП

Toolbox є одним із основних засобів розширення систем, а також її підлаштування для вирішення певних типів завдань математичного, наукового або технічного характеру.

Toolbox – це спеціальний інструментальний набір, який застосовують для розширення функціональності MATLAB.

Control System Toolbox надає можливість маніпуляції та створення лінійних моделей об'єктів системи управління[1].

Використання Control System Toolbox допомагає вирішити різні арифметичні завдання в лінійних моделях, також побудова блок-схем шляхом послання моделей послідовно, паралельно чи зі зворотним зв'язком, дискретизація моделей котрі працюють в неперервному часі[2].

CONTROL SYSTEM TOOLBOX

Пакет Control System Toolbox містить в собі інструменти котрі дозволяють вирішувати різноманітні задачі, такі як аналіз та синтез лінійних систем автоматичного управління (САУ).

До цього пакету належать такі основні вимірювальні об'єкти[3]:

- Батьківський об'єкт (клас) LTI (Linear Time-Invariant System), лінійна стаціонарна система (ЛСС).
- Дочірні об'єкти (підклас), підкласи класу LTI, підходящий тріом різних представленням ЛСС: TF- об'єкт (Transfer Function – передавальна функція); ZRK- об'єкт (Zero-Pole-Gain – нулі-полоси-коефіцієнт передатки); SS- об'єкт (State Space – середовище стану) [2].

Об'єкт LTI, включає в себе інформацію, що не залежить від конкретного представлення ЛСС (безперервного або дискретного), а також від назв вхідних і вихідних параметрів. Дочірні об'єкти виокремлюються конкретною формою подачі ЛСС, тобто вони залежні від моделі представлення. Наприклад, об'єкт TF має таку характеристику як вектори коефіцієнтів чисельника і знаменника певних раціональних передавальних функцій.

Завдяки Control System Toolbox систему можна описати за допомогою передавальної функції або рівняння стану, за допомогою задання розташування нулів і полюсів або за допомогою задання деяких частотних характеристик. За допомогою командної стрічки чи графічного інтерфейсу користувача, можна

визначувати функції для зображення в часовій та частотній областях поведінку системи[3].

Є можливість налаштування параметрів пропорційно-інтегрально-диференційного (ПІД) регулятора і це виконується за допомогою інструмента автоматичного налаштування ПІД регуляторів, сформування логарифмічних частотних характеристик, розташування нулів і полюсів, проєктування лінійно-квадратичних регуляторів (LQR) або лінійно-квадратичних гаусових регуляторів (LQG) і застосування інших інтерактивних та автоматизованих методів. Є можливість проводити контроль таких властивостей системи, як час переходного процесу, перенапругування, час наростання, запас стійкості по амплітуді і фазі і так далі [4].

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

В основі для аналізу і проєктування системи управління (СУ) лежать лінійні методи управління.

За допомогою Control System Toolbox, користувач може створити і змінити лінійну модель СУ. Також за допомогою інтерактивних інструментів зображення є можливість аналізу моделі системи, а також її обмеження. Можливість систематичного налаштування параметрів СУ з використанням засобів проєктування single-input / single-output (SISO - синій вхід / синій вихід) і multi-input / multi-output (MIMO - декілька входів / декілька виходів) [5-7].

Аналіз моделей. Control System Toolbox – це надання зручного графічного інтерфейсу користувачеві і велику кількість функцій командної рядки для аналізу лінійних моделей.

За допомогою графічного інтерфейсу користувача LTI Viewer (використовується для дослідження лінійних систем) є можливість перегляду часових і частотних характеристик одночасно кількох лінійних моделей. Також можна оцінка ключових параметрів роботи системи, таких як час наростання, час переходного процесу, перенапругування і граничній стійкості.

До списку доступних нам графіків можна віднести наступні: відгук на одиничний постанний вплив, відгук на імпульс, логарифмічні частотні характеристики, залежність амплітуди від фази (Nichols), амплітудно-фазова частотна характеристика (Nyquist), особливі точки (Singular value), а також нулі і полюси[3-6].

Головні особливості:

- Сумісний в роботі з передавальними функціями, рівняннями стану, нулями і полюсами систем, частотними характеристиками;
- Спрощеність послідовного та паралельного послання або послання зі зворотним зв'язком блок-схем лінійної системи;
- Одержання відгуків на одиничний постанний вплив, побудова амплітудно-фазових частотних характеристик (АФЧХ), можливість використання інструментів для часового і частотного аналізу стійкості системи та характеристика якості систем;

- Визначення положення нулів та полюсів, побудова логарифмічних частотних характеристик, LQR, LQG та багато інших класичних методів і методи оцінки простору станів для проектування СУ;
- Автоматичне наладження ПІД регуляторів;
- Зміна зображення моделі, можливість дискретизації моделі, яка працює в неперервному часі і можливість апроксимації;
- LAPACK (бібліотека з відкритим вихідним кодом, що включає в себе вирішення основних завдань лінійної алгебри) і SLICOT (бібліотека, яка містить алгоритми теорії СУ) алгоритми оптимізації точності роботи і часу виконання; [3-7]

ВИСНОВОК

Використання Control System Toolbox значно спрощує вирішення задач систем автоматичного управління, так як в ньому містяться уже встановлені алгоритми вирішення задач такого типу. Так як в даний час системи автоматичного управління все більше використовуються, то можна сказати, що Control System Toolbox буде й надалі все більше використовуватися і збільшиться перспектива розширення цього пакету.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Березанская М. А. Применение библиотек Toolbox для решения инженерных задач/ М. А. Березанская// Новые направления развития приборостроения: 12-я международная научно-техническая конференция молодых учёных и студентов, 17-19 апреля 2019 г. Республика Беларусь, г. Минск, БНТУ.
- [2] Control System Toolbox – анализ и синтез систем управления [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://matlab.ru/products/control-system-toolbox>
- [3] Исследование линейных стационарных систем(пакет Control) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Lazarev/lazarev_matlab_model.pdf
- [4] Control System Toolbox - Проектирование систем управления [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://matlab.exponenta.ru/controlsystem/index.php>
- [5] Проектирование систем управления\Control System Toolbox [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://matlab.exponenta.ru/controlsystem/book1/3_2.php
- [6] Перельмутер В.М. Пакеты расширения MATLAB. Control System Toolbox и Robust Control Toolbox. - М.: Солон-Пресс, 2008. — 222 с.
- [7] Control System Toolbox - Design and analyze control systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mathworks.com/products/control.html>

Науковий керівник: к.т.н. Півторак Д.О.